अेकलव्याची विद्या

प्रा. द. वि. बाढवे



विज्ञानप्रज्ञा जागृत करणारी
मनोरंजक विज्ञान कोडी

विज्ञान एकलव्याचे

प्रा. द. वि. बाद्वे
एम. एस. सी.; एम. एड.
पार्ले विज्ञान केंद्र

त्रिदल प्रकाशन

प्रथमावृत्ती – १९८८

पृष्ठसंख्या ११२+८

प्रकाशक –

प्र. म. टिळक
त्रिदल प्रकाशन,
प्रार्थना समाज,
गिरगाव, मुंबई – ४.

मुद्रक –

सौ. ता. पा. खेडेकर
मल्हार प्रिंटर्स
७०८, घोरपडे पेठ, पुणे ४२.

मुखपृष्ठ –

आनंद कांदळगांवकर
छाया आर्ट, मुंबई.

प्रस्तावना

आपल्या दैनंदिन आयुष्यात मोजमापन ही क्रिया आपण कोणत्याना कोणत्या संदर्भात सतत करीत असतो. विज्ञान, तंत्रज्ञान, उद्यम, कृषि किंवा वैद्यक या सर्वांचे ज्ञान मिळण्याकरिता मोजमापन अत्यावश्यक आहे. मोजमापनात हवेचे तापमान असेल, शिखराची उंची असेल, पदार्थाचे वजन किंवा आकारमान असेल किंवा एखाद्या प्रस्तराचे वय काढायचे असेल. या सर्वांच्या मोजमापाकरिता योग्य त्या साधनाचा आपण वापर करतो. मोजपट्टी, तापमापक, तराजू या सारख्या साधनाद्वारे प्रत्यक्ष मोजमापन करता येते.

पण काहीवेळा प्रत्यक्ष मोजमापनाऐवजी वेगळ्याच पद्धतीचा अवलंब करणे भाग पडते. समजा तुम्हाला तापमापकाच्या नळीचा व्यास त्यातील पाऱ्याच्या स्तंभाच्या व्यासावरून काढायचा आहे. याकरिता कोणत्याच प्रत्यक्ष पद्धतीचा वापर करून व्यास काढता येणार नाही. अशावेळी कोणत्या अप्रत्यक्ष पद्धतीचा वापर करायचा हे ठरविण्याकरिता तुमचे विषयज्ञान पक्के असायला हवे. तरच तुम्हाला अप्रत्यक्ष पद्धती सुचेल. या छोट्या पुस्तकात प्रा. द. वि. बादवे यानी तुमच्या बुद्धीला चालना देणाऱ्या प्रयोगात अशा विविध अप्रत्यक्ष पद्धती कशा वापरायच्या याचे सुरस आणि यथायोग्य विवेचन दिले आहे.

विज्ञान अध्ययन आणि अध्यापन क्षेत्रात पस्तीस वर्षांचा प्रदीर्घ अनुभव असलेले प्रा. द. वि. बादवे हे उत्तमपैकी लेखकही आहेत. भौतिकशास्त्र, विज्ञानाचा इतिहास आणि तत्वज्ञान, विज्ञान, शिक्षण आणि मानसिक क्षमता चाचण्या हे त्यांचे चार आवडते विषय. विज्ञानविकास आणि मानवी संस्कृती या चित्रशाळा प्रकाशन पुणे, यांनी १९६१ मध्ये प्रसिद्ध केलेल्या ग्रंथापासून प्रारंभ करून विज्ञानाचे अध्ययन व अध्यापन दर्जेदार व्हावे म्हणून लिहिलेले हे त्यांचे बारावे पुस्तक आहे.

क्रमिक पुस्तके लिहिण्याची फलदायी चाकोरी सोडून विज्ञान विषयावर मनोरंजक पुस्तके लिहिणे हा प्रा. द. वि. बादवे याचा पहिला विशेष म्हणून

सांगता येईल. 'आधी केले मग सांगितले' या वृत्तीने गेले ३५ वर्षे त्यानी नगर-कॉलेजमधील विज्ञानमंडळात, फर्ग्युसन-कॉलेज, पुणे येथील विज्ञान-छंदालयात, रुपारेल-कॉलेज, मुंबई येथील प्रज्ञाशोधकेंद्रात जे जे प्रयोग त्यानी स्वत: केले, विद्यार्थ्यांकडून करवून घेतले त्यांचाच समावेश पुस्तकात करणे हा त्यांच्या लिखाणाचा दुसरा विशेष म्हणून सांगता येईल. विद्यार्थ्यांच्या दैनंदिन व्यवहाराशी आणि शालेय अभ्यासाशी निगडीत असणाऱ्या विज्ञान-तत्त्वावर भर देऊन, विवेचन शक्य तितके सोपे व विद्यार्थ्यांच्या मनांत उद्भवणाऱ्या शंकाचे निरसन करणे हा प्रा. द. वि. बादवे यांच्या लिखाणाचा तिसरा विशेष म्हणून सांगता येईल.

प्रत्येक विद्यार्थ्यानी विकत घेऊन संग्रही ठेवावे व सतत अभ्यासावे असेच हे पुस्तक आहे. विज्ञान शिक्षकानाही वर्गात प्रज्ञावंत विद्यार्थ्यांचे उद्बोधन करण्याकरिता या पुस्तकाचा कसोशीने वापर करता येईल. प्रा. द. वि. बादवे यांच्या हातून अशी विज्ञान लेखनाची भरीव सेवा यापुढेही घडो अशी हार्दीक इच्छा व्यक्त करून त्यांचे मन:पूर्वक अभिनंदन करतो.

मुंबओ—१६

प्राचार्य भा. रा. शिंदे
रुपारेल. –कॉलेज

लेखकाचे चार शब्द

विज्ञानसंशोधनाचा जर आपण मागोवा घेतला, तर असे दिसून येईल की, मनात उदभवलेली कल्पना प्रत्यक्षात आणण्याकरिता संशोधकाना विविध प्रकारची सामुग्री जमा करून निरलसपणे प्रयत्न करावे लागले आहेत. अनेक अडचणीना तोंड द्यावे लागले आहे. साधणाची जुळणी करताना प्रयास पडले आहेत. आज मात्र विद्यार्थ्यांना ही साधने सहज उपलब्ध होतात. शिवाय ती सुबकही असतात. मात्र असे प्रयोग करताना त्यानी अविरत प्रयत्न करायला हवेत, तरच विज्ञानातील संबोध, संकल्पना या समजू शकतील. "मी वाचतो आणि विसरतो, मी पहातो आणि मला आठवते, मी करतो आणि मला समजते" या तीन सूत्रातील आशय लक्षात घेतला तर प्रयोगशीलता जोपासली जाईल, नवे विचार व विज्ञानदृष्टी वाढीला लागतील.

विज्ञानसंशोधन म्हणजे सत्याचा पडताळा. सत्यशोधनानंतर आलेली प्रचिती म्हणजेच खराखुरा विज्ञान अनुभव. असे अनुभव वरचेवर सातत्याने मिळाले म्हणजे विज्ञानप्रज्ञा जागृत होते. ही प्रज्ञा जागृत व्हावी म्हणून नव्या शिक्षणपद्धतीचा अवलंब केला जाणार आहे. हे काम अंशतः तरी या पुस्तकाच्या अध्ययनाने व्हावे असे लेखकाला वाटते.

त्याचप्रमाणे मनोरंजन व त्यातून बुद्धिविकास व्हावा अशीही लेखकाची इच्छा आहे. या पुस्तकातील प्रायोगिक कोडी उलगडताना विद्यार्थ्यांच्या बुद्धिला घडणाऱ्या कसरती, करामतीनी ते आनंदून जातील. त्यांची बुद्धि कार्यप्रवण होईल. सूक्ष्म निरीक्षण, योग्य पृथक्करणाद्वारे कोडी उलगडण्याची त्याच्या मनाला संवय लागेल.

वेदातील कूटप्रश्न, महाभारतातील यक्षप्रश्न याद्वारे बुद्धिचे अनेक पैलू उजळण्याचे काम झालेले आहे. हंसत खेळत बुद्धिविकास साधला आहे. तसे आजच्या विज्ञानयुगात—एकविसाव्या शतकाला सामोरे जाताना—चौकस मुलामुलींनी आणि उत्सुक प्रौढांनी आवतीभोवती घडणाऱ्या घटनांबद्दल

जागरुकता कशी दाखवायची याची जाणीव या पुस्तकातील उदबोधनाने झाली तर फार मोठे काम होणार आहे.

हे छोटे पुस्तक लिहिताना आठवी ते दहावीच्या वर्गातील विद्यार्थी डोळ्यासमोर ठेवला आहे. या शालेय विद्यार्थ्याला जे विज्ञान शिकविले जाते त्याच्याभोवती गूढतेचे वलय आढळते. विज्ञान ही आपल्या आवाक्यातलीच गोष्ट आहे ही भावना त्याच्यात जोपासली जावी, विलायतेतील साहेबानी केलेल्या गोष्टी फक्त पडताळून पाहणे हा जो शाळा कॉलेजमधील पायंडा पडला आहे तो मोडला जावा, जडतेतून शालेय विज्ञान बाहेर काढून त्यातील नवनिर्माण क्षमतेचे भान विद्यार्थ्यांना राहावे असे लेखकाला वाटते. द्रोणाचार्यांचा मातीचा पुतळा बनवून एकलव्याने धनुर्विद्या संपादन केली ती अशा दर्जाची होती की साक्षात द्रोणाचार्यांच्या गुरुकुलातील अर्जुनालाही ती संपादन करता आली नाही. '**विज्ञान-एकलव्याचे**' हे पुस्तकाचे नाव देण्यामागे लेखकाची ही दृष्टी आहे.

शकुन
शहाजी राजे मार्ग
मुंबई-५७

प्रा. द. वि. जाधव

अनुक्रमणिका

भाग पहिला – विज्ञान शिक्षणाविषयी काही विचार - १ ते १५

१) आजचे विज्ञान शिक्षण
–नव्या शिक्षणपद्धतीतून अपेक्षा

२) छंदोपासना म्हणजे काय ?
–कशा करिता करायची ?

३) विचार व्यक्त करण्याची कला
–मुलाखत तंत्र

४) मार्गदर्शन–एक आवश्यक शिक्षण व्यवस्था

५) विज्ञान एकलव्याचे–अभ्यास कसा कराल ?

भाग दुसरा – काही अप्रत्यक्ष प्रयोग - १६ ते ४६

१) उत्कलनांकातील बदल

२) तापमानातील फरक

३) भूमिती आणि मनोऱ्याची उंची

४) भूमितीतील व्यास

५) दंडगोलाचे तत्व

६) घनता म्हणजे काय ?

७) सीसॉचे तत्व

८) नानागुरुजींची तरफ

९) समरूप त्रिकोण

१०) भिंगाचे गुणधर्म

११) आयरिनबाईंचा ह्याऊसमीटर

१२) पृथ्वीकर्षूकाची पातळी

१३) श्रीनगरचे तापमान
१४) दाभोळकर सरांची युक्ती
१५) आपण चालतो कसे ?
१६) आंदोलकाचे तत्व
१७) तक्षशिलेचे उत्तर
१८) एकसमान त्वरण
१९) तोटीतून बाहेर पडणारे पाणी
२०) जडत्व आघुर्ण
२१) विद्याने स्मिताला काय सांगितले ?
२२) तांब्याच्या तारेचे वेटोळे
२३) कावळे महाशयांची हिकमत
२४) भूमितीची चकवाचकवी
२५) कर्वेबाईंचा प्रश्न
२६) खंडोबाच्या डोंगरावरील निरीक्षण
२७) कदगदके सरांचे उत्तर
२८) सत्यकसूर्यकची धडपड
२९) शिल्पा यशोदा गोंधळल्या
३०) विद्याताईना पडलेले कोडे

भाग तिसरा – अप्रत्यक्ष प्रयोगांची सचित्र स्पष्टीकरणे - ४७ ते ८५

भाग चौथा – काही चित्रमय विज्ञानकोडी - ८६ ते १११

तुम्हीच करून पहा ! तुम्हीच उत्तरे शोधा

भाग पहिला

विज्ञानशिक्षणाविषयी काही विचार

आजचे विज्ञानशिक्षण–नव्या पद्धतीतून अपेक्षा

आजच्या शालेय शिक्षणपद्धतीत विज्ञान हा अनिवार्य विषय आहे. पण शाळांतून जे विज्ञान शिकवतात ते विज्ञान नव्हेच. शाळा-कॉलेजमध्ये विज्ञानाचा बाऊ करून ठेवला आहे. ते काही तरी गूढ, तुमच्या-आमच्या आटोक्याबाहेरचे आहे अशीच समजूत करून ठेवली आहे, म्हणूनच विज्ञानाचा स्वतंत्र वर्ग, स्वतंत्र अध्यापक, वेगळी प्रयोगशाळा व त्यातील कुलुपबंद सामुग्री अशी स्थिती आढळते.

विज्ञान ही एक दृष्टी आहे जीवनाकडे निरखून बघण्याची. तपासून–समजून घेण्याची दृष्टी आहे. ही दृष्टी आली तर प्रत्येक वस्तू हे विज्ञानाचे उपकरण बनेल. जळी- स्थळी-काष्ठी- पाषाणी विज्ञान सर्वत्र भरून राहिले आहे. या दृष्टीने पाहिले तर आपला प्रत्येक कटाक्ष म्हणजे शोधच असतो, प्रत्येक शब्द हे सूत्र किंवा परिभाषा असते, प्रत्येक विद्यार्थी हा विज्ञानवीर असतो आणि तो आपल्या प्रश्नांच्या अनुरोधाने प्रयोग करून उत्तरे शोधून काढीत असतो.

तेव्हा विज्ञान हे प्रयोगशाळेत बंदिस्त नसून ती जीवनाकडे पाहण्याची एक दृष्टी आहे याचे भान आपल्याला राहिले नाही म्हणूनच आपण सुखसाधनांच्या रूपाने विज्ञान स्वीकारतो, मात्र विज्ञानदृष्टीचा स्वीकार करीत नाही, आपली शरीरे विज्ञानयुगात पोचली असली, तरी मने मात्र अजूनही त्रेतायुगातच वावरत आहेत.

याचे कारण आज जे शालेय विज्ञान शाळाशाळांतून शिकवले जाते ते काही तरी वेगळेच आहे. आम्ही अध्यापक विद्यार्थ्यांना उत्तरे तयार करून देऊन त्यांच्यातील आत्मविश्वास काढून घेतो. त्यांच्याकडून सूत्रे, समीकरणे पाठ करून घेऊन त्यांच्यातील कॉम्प्युटर–थिंकिंग मशीन–त्यांच्यातील सर्व विचारशक्ती, चिंतन हिरावून घेतो त्यांच्या उत्तरपत्रिकांना गुण देतो, पण सगळे ज्ञान– विज्ञान मात्र स्वत:जवळ ठेवून घेतो. विनोबाजी म्हणत, आजच्या शाळाकॉलेजच्या परीक्षा म्हणजे परगेटिव्ह आहे. परीक्षा झाली की ज्ञान–विज्ञानाचा झाडा साफ. हे सर्व थांबले पाहिजे. हे स्मृतिप्रधान शिक्षण, त्यावरील अतिरिक्त भर थांबला पाहिजे, नवनिर्माणक्षमता गमावून बसलेले शिक्षण, घोकंपट्टीच्या अभ्यासात अडकून पडल्याने शब्द आणि पुस्तके हे पंख बनण्याऐवजी आपल्याला जागीच खिळवून ठेवण्याऱ्या बेड्या बनतात. मी वाचतो आणि विसरतो या पहिल्याच सूत्रापाशी आपण घुटमळत असतो, एकविसाव्या शतकात झेप घेणाऱ्या विद्यार्थीवर्गाला नवनिर्माणक्षमता देणारे शिक्षण मिळणे हाच एकमेव उपाय त्यावर आहे.

नव्या शिक्षणपद्धतीतून सुसंस्कृत विद्यार्थी निर्माण व्हावा अशीही अपेक्षा आहे. मनन म्हणजे चिंतन. विचार करू शकतो

तो मानव अशी मानवशब्दाची (मननात् मानवः) व्याख्या करता येते. सुभाषितात सांगायचे झाले तर.

मनस्येकं वचस्येकं कार्यमेकं महात्मनाम् ।
ममस्यन्यद् वचस्यन्यत् कार्यमन्यद् दुरात्मनाम् ।।

प्रत्येक विद्यार्थ्याने आपल्या आयुष्यात आदर्श ठेवायचा तो एकवचनी मर्यादापुरुषोत्तम प्रभु रामचंद्राचा. विचार, आचार आणि उच्चार या सर्वच गोष्टी माहिती नसणाऱ्या रावणाच्या नव्हेत ! विचार-आचार. उच्चारांची निश्चित केलेली पद्धती-रीति, शैली, नीती म्हणजे संस्कृती. ही संस्कृती ज्याच्या विचार. आचार-उच्चारात प्रतिबिंबित झाली, तो सुसंस्कृत विद्यार्थी होय. असा विद्यार्थी नव्या शिक्षणपद्धतीने घडविला जावा अशी आशा करूया.

छंदोपासना म्हणजे काय व ती कशाकरिता करावयाची ?

रखरखीत ग्रीष्मऋतूनंतर येतो वर्षाऋतु ! हा ऋतु येतो आणि साऱ्या सृष्टीचे रूपच पालटून टाकतो. ग्रीष्मऋतूतील कडक उन्हाने सुकलेली उजाड सृष्टी जणु चातकपक्ष्याप्रमाणे ‘ कधी पावसाच्या येतील धारा ’ असे म्हणत आकाशाकडे डोळे लावून बघत असते आणि मग सृष्टीचा अंत पाहून बरसात गरजतो. वातावरणातील उकाडा कमी कमी होऊ लागतो. सुकलेल्या वृक्ष-राजींना नवी शिरशिरी येऊ लागते. त्यांचे पिवळेपण हलके

हलकें दूर पमून जाते. उजाड वातावरणात हिरवागार टवटवीत-पणा येतो. वर्षाऋतू येतो तो असा नवा उत्साह, नवा आनंद घेऊन. अवघी धरती नव्या उत्साहाने फुलून जाते.

छंदाच्या बाबतीत असेच आहे. दिवसभरातील शाळा, अभ्यास व इतर नेमून दिलेल्या गोष्टी करण्यात तोच-तोचपणा येतो. त्याच त्याच गोष्टी करताना नवा उत्साह मिळत नाही. अशा सुकलेल्या अवस्थेत छंद हे वर्षाऋतूप्रमाणेच मनाला हलकेच फुंकर घालतात. बघता बघता विद्यार्थी त्याच्यामध्ये गुरफटून जाऊ शकतो. मनाला टवटटीतपणा येतो. दुसऱ्या कामात रस घ्यावा असे वाटू लागते.

छंद म्हणजे आवड ! आवड ही विद्यार्थ्या-विद्यार्थ्यांत वेग-वेगळी असते. कोणाला खेळाची, कोणाला वाचनाची, तर कोणाला गळ्यात कॅमेरा डकवूनअ निसर्गसौंदर्य टिपत रानोमाळ हिंडायची. घराभोवती सुंदर बाग करावी, निरनिराळ्या देशांतील चित्रविचित्र तिकिटे जमवून, त्यांचे योग्य ते वर्गीकरण करून एक कलात्मक संग्रह करावा असाही छंद असू शकतो. गायन, वादन, नृत्य, शिल्प-कला, चित्रकला असे किती तरी छंद जडवून घेता येतात.

पण छंदाछंदांतही भेद असू शकतात. खेळांची आवड भिन्न प्रकारची असू शकते. कोणाला कबड्डीची तर कोणाला गल्ली-बोळात क्रिकेट (ठोकाठोकी) खेळून लोकांना त्रास देण्याची. वाचनात काही चरित्रासारखे गंभीर लिखाण वाचत असतील तर " केल्याने देशाटन " काय होते हे जाणून घेण्यासाठी प्रवास-वर्णनात गुंग होत असतील, तर काही रहस्यकथा, कादंबऱ्या, कॉमिक्स चाळण्यात मग्न असतील.

अशा भिन्नभिन्न आवडी, बुद्धीतील फरक दर्शवितात.

बुद्धीबरोबरच क्षमतेचा विचार करावाच लागतो, अशक्त माणसाला गिर्यारोहणाची आवड असून काय कामाची ?

छंद ही फावल्या वेळची बाब आहे. आपला अभ्यास, नेमून दिलेली कामे सांभाळून आपल्याला आवड असलेल्या विषयासाठी, गोष्टीसाठी गमतीने वेळ घालवीत बसणे ही सर्वसाधारणपणे छंदाची कल्पना; पण केवळ मन रिझविण्यासाठी छंद असू नये. आळस, कंटाळा, निराशा, नसते उपद्व्याप हे टाळण्यासाठी छंदाचा उपयोग आवश्यक आहे. छंद हा रिकामटेकड्याचा उद्योग नसून जिज्ञासेने भारलेल्या जिवंत मनाचे ते लक्षण आहे.

मानवी जीवन पालटणाऱ्या पुरुषार्थाला प्रेरणा देण्याचे काम छंदामधूनच होत असते पाश्चात्य देश जे संपन्न झाले ते त्यांच्या जिज्ञासेने प्ररित झालेल्या पुरुषार्थवृत्तीनेच म्हणून तुम्हाला समृद्ध भारताचे स्वप्न पडत असेल तर त्यासाठी अशीच जिज्ञासाप्रेरित पुरुषार्थाची उपासना करायला हवी. प्राचीन आणि अर्वाचीन भारतातील पुरुषार्थाने प्रेरित झालेल्या भगीरथ, ध्रुव-अगस्ती आणि विवेकानंद यांची चरित्रे काय सांगतात ? तेव्हा जिज्ञासा आणि प्रयोग यांनी पुरुषार्थ करणाऱ्यांची खंडित झालेली परंपरा पुनरुज्जीवित करायचे काम योग्य त्या छंदांची जोपासना करूनच केले पाहिजे.

विचार करण्याची कला

मुलाखततंत्र

विसाव्या शतकाच्या या उत्तरार्धात जीवन इतके गुंतागुंतीचे झाले आहे की, कोणत्याही क्षेत्रात तुम्हाला कठोर स्पर्धेला तोंड द्यावे लागणार आहे. अशा धकाधकीच्या स्पर्धेत " बोलण्याची कला " ही विद्यार्थ्यांच्या व्यक्तिमत्त्वाची भाग्यरेषा असून, ती त्यांच्या दिमतीला असल्याखेरीज कोणत्याही स्पर्धात्मक परीक्षांमध्ये त्यांचा निभाव लागणे कठीण आहे. म्हणून प्रत्येकाला स्पष्टपणे विचार व्यक्त करता आले पाहिजेत. संभाषण, बोलणे ही विचार व्यक्त करण्याची अविभाज्य अंगे आहेत. ही अंगे आपल्या इतक्या परिचयाची आहेत की, " विचार व्यक्त करणे ही उपजत कला नाही " हे आपण विसरतो. ही कला शिकता येत असल्याने मोठ्या चिकाटीने आणि कौशल्याने ती जोपासली पाहिजे.

तुम्ही शालान्त परीक्षा उत्तीर्ण झाल्याबर महाविद्यालयात म्हणजे उच्च शिक्षणक्षेत्रात प्रवेश करता. या क्षेत्रात चमकायचे असेल तर स्पष्टपणे, परिणामकारकरीत्या विचार व्यक्त करण्याला फार महत्त्व आहे. नवा समाज, नवनवीन सुविधा, नवीन धोके, नव्या जबाबदाऱ्या या सर्वांना तुम्हाला सामोरे जायचे आहे. त्याकरता तुम्हाला संभाषणचतुर व्हायला हवे. तुम्ही मुलाखतीला गेलात तर मुलाखत घेणाऱ्यावर तुमच्या संभाषणाची छाप पडली पाहिजे. विचारलेले प्रश्न लक्षपूर्वक ऐकून त्यांची समर्पक उत्तरे न अडखळता थोडक्यात देता आली पाहिजेत.

संभाषणात वाकबगार होण्यासाठी पुढील गोष्टींचा सराव करा.

(अ) मनाची एकाग्रता साधणे, जे ऐकले त्याचा अर्थ तात्काळ लक्षात येणे, प्रश्नांची समर्पक उत्तरे देता येणे हे साधण्यासाठी पुढील पाठ करा.

(१) कोणत्याही वर्तमानपत्रातील किंवा मासिकातील एक परिच्छेद निवडून त्याचे दोन मिनिटे मनन करा. (२) आपल्या मित्राला, भावाला किंवा बहिणीला त्या परिच्छेदावर प्रश्न विचारायला सांगा, विचारलेल्या प्रश्नांची समर्पक उत्तरे देता येतात का त्याचा शोध घ्या. विशेषत: उत्तरे संदिग्ध होती का ? उत्तरे झरझर दिली का हे जाणून घ्या. (३) आता तुम्ही त्यांना प्रश्न विचारा आणि प्रश्नांची उत्तरे कशी दिली जातात त्याचे निरीक्षण करा.

(ग) तुम्ही स्वत:लाच प्रश्न विचारा– (१) मी उत्तरे देताना ती मुद्देसूद बोलतो का ? अघळपघळ बोलतो ? (२) मी फक्त " होय, नाही " एवढीच उत्तरे देतो का ? (३) उत्तरे देताना " मला असे म्हणायचे आहे, मी काय म्हणतो ते तुमच्या लक्षात आले असेलच " अशासारख्या विधानांचा पुनरुच्चार करीत नाही ना ? (४) माझा आवाज कसा आहे ? श्रोत्यांनी ऐकावा असा, का उतावळीपणाचा, का नीरस ? (५) माझे शब्दोच्चार अचूक आहेत ना ? (६) मी जे बोलतो ते भोवतालच्या माणसांना समजत असेल ना ? का मी घाईघाईने बोलतो ? (७) मी अडखळत बोलत नाही ना ?

(क) संभाषणात भाग घेण्यापूर्वी, किंवा मुलाखतीला

जाण्यापूर्वी पुढील गोष्टींवर चिंतन करा :–

(१) संभाषणाचा विषय कोणता आहे, मुलाखत कोणत्या कामाकरिता द्यायची आहे हे जाणून घेऊन त्यावर विचार करा, त्यासंबधी माहिती मिळवा. माहिती वाचून काढा. त्यातून विषयाची मांडणी होऊन विषयाची समजूत स्पष्ट होईल. (२) मुलाखतीच्या वेळी तुम्ही जी उत्तरे द्याल, त्यामुळे मुलाखत घेणाऱ्यांच्या चेहऱ्यावरील भाव कसकसे बदलतात याची नोंद घ्या. नीरस, चुकीची उत्तरे, थापा त्यांच्या लक्षात येत असतात (३) मुलाखत घेणारे काय म्हणतात ते लक्षपूर्वक ऐका त्यांच्या आवाजातील चढउतारावरून तुमच्या उत्तरातील उणेपणा, सफाई, चतुराई त्यांच्या लक्षात आलेली असते.

(ड) समजा मी काय वाचतो, मी काय खेळतो आणि माझा छंद काय या विषयावर तुम्हाला तीन ते पाच मिनिटे बोलायचे आहे. त्याकरिता पुढीलप्रमाणे तयारी करा–

(१) या विषयावर तुमच्या अध्यापकांशी, मित्रांशी, कुटुंबियांशी चर्चा करून विषयाची समजूत पूर्णपणे करून घ्या. (२) या विषयावर पुस्तकें मिळवा व ती वाचून काढा. (३) जी माहिती मिळविली असेल ती मुद्देसूद लिहून काढा. म्हणजे विषयाची मांडणी निश्चित होईल. (४) संभाषणाच्या वेळी श्रोत्यांमधून कोणते प्रश्न विचारले जाण्याची शक्यता आहे. त्याची नोंद करून त्यांची उत्तरे तयार करा. (५) कुटुंबियांपैकी कोणाला तरी तुमचे भाषण म्हणून दाखवा व ज्या चुका झाल्या असतील त्या सुधारा.

म्हणून आपल्याला एखाद्या विषयावर बोलायचे आहे किंवा मुलाखत द्यायची आहे म्हणून गोंधळून न जाता या नव्या

उपक्रमाविषयी तुमच्या मनात उत्कंठा व आशा निर्माण झाली पाहिजे. आपली हुषारी, चातुर्य दाखविण्याची ही सुवर्णसंधी समजून मुलाखतीचे स्वागत करण्याची मानसिक तयारी केल्यास तुमचा नूर एकदम बदलून जाईल. मानसिक प्रसन्नता हा संभाषणाचा, मुलाखतीच्या पूर्वतयारीचा गाभा आहे. म्हणून मानसिक धडाडी ही मोलाची साथ तुमच्या मुलाखतप्रसंगी हवीच !

मुलाखतीची तयारी अशी काही दिवस अगोदर करून भागत नाही, तर दैनंदिन व्यवहारात जागरूक राहून ज्ञान-विज्ञानकण टिपायला हवेत. दैनिकांचे नियमित वाचन, विज्ञानावरील साप्ताहिके, मासिके किंवा इतर नियतकालिके, आकाशवाणी, दूरदर्शनवरील शैक्षणिक कार्यक्रमांतून बहुरंगी ज्ञान मिळत असते. ते टिपून बहुश्रुत झालेला विद्यार्थी कोणत्याही मुलाखतीला यशस्वीरीत्या सामोरा जाऊ शकतो.

त्याचप्रमाणे प्रत्यक्ष मुलाखतीच्या वेळी अभिवादन, नम्रता हवी. सौजन्याने सदिच्छा निर्माण होते. पोशाखाच्या नीटनेटकेपणाकडेही लक्ष द्यावे. विचारलेल्या प्रश्नांची उत्तरे थोडक्यात पण स्पष्ट द्यावीत. वादविवाद करण्याचे टाळावे.

मार्गदर्शन
– एक आवश्यक शिक्षणव्यवस्था

प्रत्येक व्यक्तीला स्वतःच्या पात्रतेनुसार योग्य तो व्यवसाय निवडता आल्यास त्या व्यवसायात तो अधिकाधिक मन लावून काम करू शकतो. त्यातून स्वतःची प्रगती व समाजाचा उत्कर्ष साधला जातो. पण योग्य तो अभ्यासक्रम निवडला गेला नाही तर विदयार्थ्याचा आत्मविश्वास कमी होतो. आणि आर्थिक नुकसान होते. हा अपव्यय टाळण्यासाठी वैयक्तिक व सामाजिक हिताचा समन्वय साधण्याचा प्रयत्न मार्गदर्शनामुळे होऊ शकतो.

विद्यार्थ्यांची वाढती संख्या, अनेकविध शिक्षणक्रम, व्यवसायांची वाढती संख्या या त्रयीमुळे विदयार्थी गोंधळून जातो त्याला व्यावसायिक जीवनाची योग्य कल्पना यावी, लायक विदयार्थ्यांना उच्च शिक्षणाच्या कोणत्या सोयी आहेत याची जाण व्हावी याकरता मार्गदर्शन आवश्यक आहे.

या मार्गदर्शनात "तुम्ही स्वतः" हा विषय फार महत्त्वाचा आहे. तुम्हाला स्वतःच शिक्षणक्रम किंवा व्यवसाय निवडावयाचा असल्याकारणाने हा निर्णय घेण्याकरिता तुम्हाला स्वतःची माहिती असणे जरूर आहे. त्याकरिता आत्मनिरीक्षणाची-अंतर्मुख होऊन पुढील बाबींवर विचार करण्याची सवय हवी.

(१) स्वतःच्या शैक्षणिक– प्रगतीचा विचार करून झेपणारा अभ्यासक्रम निवडणे, (२) विषयप्राविण्य, बुद्धिमत्ता आणि विशेष परिश्रम करण्याची क्षमता, या त्रिगुणांचे मापन

करण्याकरिता शैक्षणिक कल अजमावणाऱ्या परीक्षांमध्ये कितपत यश प्राप्त होते याची चाचणी करून घेणे, (३) व्यवसायातील विशिष्ट कौशल्याची जाण असणे, (४) आवड–निवड, शरीर-प्रकृती, स्वभावविशेष, भोवतालची परिस्थिती यांचाही साक्षेपाने विचार आवश्यक आहे.

तुम्ही स्पर्धायुगात वावरता आहा. कोणत्याही अखिल भारतीय स्पर्धात्मक परीक्षेत यशस्वी व्हायचे असेल, तर तुम्हाला सर्वच दृष्टींनी मार्गदर्शनाची जरुरी आहे. त्यातील पहिली व महत्त्वाची म्हणजे अशा परीक्षा वस्तुनिष्ठ स्वरूपाच्या असल्यामुळे ज्या विषयाची परीक्षा आपण देत आहोत त्या विषयाचे पूर्ण आकलन, त्या विषयाची समजूत मजबूत असेल तरच वस्तुनिष्ठ परिक्षेतील योग्य पर्यायाची निवड करता येते त्याकरिता एन सी इ आर टी ने प्रसिद्ध केलेल्या क्रमिक आणि संदर्भ पुस्तकांचे मनन व अभ्यास करणे क्रमप्राप्त असते. राष्ट्रीय प्रज्ञाशोधपरीक्षा असो, प्रि–मेडिकल प्रवेशपरीक्षा असो किंवा आय. आय. टी. प्रवेशपरीक्षा असो, त्याकरिता आपल्या एस. एस. सी. किंवा एच. एस. सी. परीक्षांकरिता शेकडो पुस्तके जी बाजारात मिळतात व त्यावर प्रसिद्ध केलेली हजारो गाइडस् मिळतात त्यांमध्ये एक तर विषयाच्या मूलभूत चुका तरी असतात किंवा चुकीचे मार्गदर्शन असते. म्हणून एन. सी. आर. टी. च्या क्रमिक पुस्तकांचे सखोल अध्ययन आवश्यक आहे.

त्याचप्रमाणे या प्रमाणित पुस्तकांवरून विषयाची समजूत मजबूत कशी करायची याकरिता जर प्रज्ञाशोधकेन्द्र, मुंबई–१६ सारखे मान्यवर अभ्यासवर्ग असतील तर त्यांच्याकडूनच मार्गदर्शन घेणेही आवश्यक आहे. गल्लीबोळातील शिकवण्यांचे

वर्ग अशा स्पर्धात्मक परीक्षांकरिता निरुपयोगी असतात.

स्पर्धात्मक परीक्षांकरिता खरी तयारी अवांतर वाचनातूनही होत असते. अशा परीक्षांकरिता विविध मासिके प्रकाशित होत असतात. त्यांचा नित्य अभ्यास शिवाय नेहमीच्या नियत-कालिकांमध्ये प्रसिद्ध होत असलेला विविध मजकूरही तुम्हाला बहुश्रुत करायला मदत करीत असतो.

तेव्हा या स्पर्धायुगात कोणत्याही स्पर्धात्मक परीक्षांमध्ये यश संपादन करायचे असेल तर पुढील चार अनुभूती अंगी बाणवायला हव्यात- (१) त्या त्या परीक्षांकरिता नेमलेल्या प्रमाणित क्रमिक पुस्तकांचा प्रामाणिकपणे सखोल अभ्यास करून विषयाची समजूत मजबूत करणे. (२) दृकश्राव्य माध्यमातून प्रसारित होणारे शैक्षणिक कार्यक्रम, विज्ञानविषयक लिखाण पाहणे, ऐकणे व वाचणे (३) चौकसबुद्धीने भोवतालच्या परिसरात घडणाऱ्या विविध घटनांचे बारकाईने निरीक्षण (मेटिक्युलस ऑब्झर्वर) करून समजून घेणे. (४) चुका टाळा म्हणजे प्रगतीचा वेग वाढेल. झालेल्या चुका पुन्हा होऊ नयेत म्हणून खबरदारी घ्या. झालेल्या चुकीकडे दुर्लक्ष केल्यास ती चूक पुन्हा होण्याची शक्यता असते, हे विसरू नका.

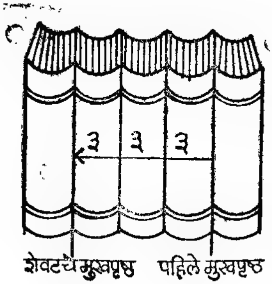
विज्ञान– एकलव्याचे
– अभ्यास कसा कराल ?

कोणत्याही समस्येचे उत्तर त्या समस्येतच दडलेले असते, म्हणून मनात घोटाळा करणारी समस्या पुन:पुन: तपासून अर्थबोध कोणता होतो ते पहावे. कोणतेही गूढ उकलणे ही मनुष्याची उपजतबुद्धी आहे विचारप्रवर्तक गोष्टींची उत्तरे स्वत:च्या हिकमतीने सोडविण्यात एक प्रकारचा आनंद आणि अभिमान असतो. तसेच त्यात बौद्धिक करमणूकही असते. अशा बऱ्याच गोष्टी ठाऊक झाल्यावर त्या दुसऱ्याला सांगण्यातही जास्तच करमणूक होईल. म्हणून समस्या स्वत:च सोडविण्याचा, त्यातील इंगित ओळखण्याचा आटोकाट प्रयत्न करावा आपल्या बद्धीची कसोटी अगदी शेवटपर्यंत पाहावी.

प्रज्ञाशोधकेंद्र मुंबई- या संस्थेच्या आठवीच्या प्रशिक्षण कार्यक्रमात मानसिक क्षमता चाचणी आणि ऋणगुणपद्धतीची माहिती देत असताना प्रा. दत्तो बिनायक यांनी वरील विचार मांडले. १९८४ च्या राष्ट्रीय प्रज्ञाशोधपरीक्षेत विचारलेल्या एका उद्बोधक प्रश्नाचे उदाहरण त्यांनी आपले विचार स्पष्ट करण्याकरिता दिले.

मुंबईतील एशियाटिक सोसायटीच्या ग्रंथालयात जो ग्रंथ-संहार झाला. त्या वेळी एका अतिशय मोलवान व दुर्मिळ कोशाचे पाच खंड एका कपाटात होते. प्रत्येक खंड ४०० पानांचा होता. वाळवीने प्रथम खंडाला पहिल्या पानापासून पोखरण्यास प्रारंभ

केला व ती पाचव्या खंडाच्या ४०० व्या पृष्ठापर्यंत पानें खात गेली, तर तिने एकूण किती पाने खाल्ली ?



वास्तविक हे अगदीच सोपे गणित आहे, पण आपण उगीचच कठीणपणाचा बाऊ करतो. गणिताचे समीक्षण न करता उत्तर काढायचा प्रयत्न करतो. चारशे पानांचा एक खंड, पाच खंडातील २००० पाने वाळवीने खाल्ली.

पण हे उत्तर चुकीचे आहे. कारण तुम्ही तुमचे 'थिंकिंग मशीन–' तुमचा कॉम्प्यूटर वापरला नाही. आकृतीचे जरा बारकाईने निरीक्षण करा. पुस्तके आपण कपाटात कशी ठेवतो या साध्या निरीक्षणाचे भान न ठेवल्याने तुम्ही चूक केलीत.

पुस्तके कपाटात उलटी म्हणजे. आपणाला पाठ दिसेल अशी ठेवतात हे ध्यानात घेतले पाहिजे. पहिल्या खंडाचे पहिले पान खाल्ल्यावर वाळवीने पहिल्या व दुसऱ्या खंडाचे वेष्टन फोडून दुसऱ्या खंडातील ४०० पृष्ठांना तोंड लावले...... म्हणून पहिल्या खंडाचे एकच पान + दुसऱ्या खंडाची ४००+ तिसऱ्या खंडाची ४०० + चवथ्या खंडाची ४०० + पाचव्या खंडाचे एकच पान = १२०२ पान वाळवीने खाल्ली.

आता हेच उदाहरण जरा वेगळ्या पद्धतीने विचारता येईल. मात्र विचाराची दिशा तीच असेल. एका कपाटात तीन सेंटीमीटर जाडीचे एका कोशाचे पाच खंड शेजारी शेजारी ठेवले आहेत. पहिल्या खंडाच्या मुखपृष्ठापासून पाचव्या खंडाच्या शेव-

टच्या पृष्ठापर्यंत एक कसरीचा किडा सरळ भोक पाडीत गेला तर त्या किडयाचा एकूण प्रवास किती झाला? (उत्तर नऊ सेंटिमीटर)

तेव्हा या छोटयाशा पुस्तकात दिलेल्या अप्रत्यक्ष प्रयोगाची उत्तरे दिलेल्या विभागात न शोधता तुमच्यातील 'थिंकिंग टॅंक' मध्ये प्रथम घाला. त्यातील इंगित ओळखण्याचा संदेश प्रश्नाच्या शेवटच्या परिच्छेदात दिलेला आहेच. आपल्या बुद्धीची कसोटी त्या संदेशाच्या अनुरोधाने शेवटपर्यंत लावा. म्हणजे समर्पक उत्तरापर्यंत तुम्ही पोहोचाल.

अप्रत्यक्ष प्रयोगाव्यतिरिक्त इतर काही लिखाण बुध्दीला चालना देणारे आहे, त्याचाही अशाच पध्दतीने विचार करा.

० ०

जरा डोके चालवा (१)

तीन डझन आंबे विकत घ्यायला जितके रुपये लागतात, तितकेच आंबे १६ रुपयांनाही विकत मिळतात. यावरून एक डझन आंब्यांची किंमत किती होईल ?

(उत्तर = आठ रुपये)

भाग - दुसरा
काही अप्रत्यक्ष प्रयोग
१) उत्कलनांकांतील बदल

प्राध्यापक दत्तो विनायकांबरोबर गिर्यारोहणाला जाणे हा जेवढा सुंदर अनुभव असायचा तेवढाच त्यांच्या उद्‌बोधक प्रश्नांना उत्तरे देत बसणे हाही एक वेगळाच आनंद असायचा. दर वर्षी ते विद्यार्थ्यांना परिसरशिक्षणाकरिता वर्षासहलीला न्यायचे. या त्यांच्या परिसरशिक्षणात गिर्यारोहणाचा खास कार्यक्रम असायचा.

गेल्या वर्षी भंडारदऱ्याच्या परिसराचे निरीक्षण करायचे ठरवून त्यांनी वर्षा-शिबिर आयोजित केले होते. त्यात सह्याद्रीचे उत्तुंग शिखर.देवी कळसूबाईचे शिखर-जिंकायचा कार्यक्रम होता.

भल्या पहाटे शिखर-आरोहणाला प्रारंभ झाला. दमछाक करीत दोन तासांनी सर्वजण त्या शिखराच्या खालच्या कड्यापर्यंत पोहोचले. न्याहरी करून मग अंतिम आरोहण करायचे ठरले होते.

तेवढ्यात प्राध्यापकांना स्फूर्ति आली. समोरच्या स्टोव्ह-वरील उकळते पाणी पाहून त्यांनी प्रश्न विचारला.

हे पहा आता आपण हा कडा चढून जाणार आहोत त्याची उंची तुम्हाला ठाऊक नसली तरी मला ठाऊक आहे. आपण हा

स्टोव्ह, पाण्याचे भांडे व तापमापक घेऊन वर जाऊ. या तीन गोष्टींच्या साहाय्याने तुम्ही मला या कड्याची उंची काढून दाखवायची. उत्तर बरोबर दिलेत तर पुढच्या आठवड्यात आम्ही रत्नगड चढणार आहोत. त्या हायकिंगला मी तुम्हाला नेईन. तेव्हा बघा बुवा!

रत्नगड चढण्याची संधी मिळणार म्हणून आनंदित झालेल्या सर्वांनी उत्कलनांकातील बदल दाखविणाऱ्या सूत्राचा उपयोग करून शिखराची उंची काढून दाखविली.

२) तापमानातील फरक

मी त्या वेळी फर्ग्युसन कॉलेजमध्यें होतो. 'प्रा. ढवळे म्हणजे भौतिकशास्त्र' असे समीकरण आम्ही सर्वच विज्ञानशाखेचे विद्यार्थी त्या वेळी मांडीत असू. आपल्या धीरगंभीर आवाजात भौतिकशास्त्राचे सिध्दांत व त्यांचा व्यवहारातील वापर ते अतिशय नेटकेपणाने व स्पष्टपणाने मांडीत असत. आपल्या सभोवताली ज्या ज्या घटना घडतात त्यांची कारणमीमांसा आपल्याला करता आली पाहिजे यावर त्यांचा भर असायचा व तशी दृष्टी विद्यार्थ्यांनी ठेवावी असा त्यांचा दंडक असायचा. सायंकाळी आपल्या बंगल्याच्या समोरील हिरवळीवर बसले असतानाही ते त्यांच्या मुलीच्या मनावर ही गोष्ट सतत बिंबवीत असत.

त्यामुळे त्यांची मुलगी दुर्गा ही प्रत्येक घटनेचे विश्लेषण करायचा प्रयत्न करायची. एक दिवस असेच प्राध्यापकमहाशय भौतिकशास्त्रातील काही उद्‌बोधक आठवणी सांगत बसले होते.

इतक्यात फोन वाजला म्हणून हातातील सिगरेट रक्षापात्रावर ठेवून तें आत गेले. फोनवरील बोलणे संपवून ते परत आले तेव्हा दुर्गा जळत्या सिगरेटकडे टक लावून पाहात बसलेली त्यांना दिसली.

'नाना, सिगरेट तर एकाच बाजूला पेटलली आहे,धूर मात्र दोन्ही बाजूंकडून कसा काय येतोय ? आणखी एक गंमतीदार गोष्ट म्हणजे पेटलेल्या सिगरेटच्या बाजूकडून येणारा धूर मंदपणें वरवर जात आहे आणि दुसऱ्या टोकाकडून येणारा धूर मात्र खाली जात आहे, हे कसं ? '

या विरोधाभासाचे उत्तर प्राध्यापकमहाशयांनी तापमानातील फरक स्पष्ट करून दिले हे सांगायला नकोच. बघा बरं येवढ्या विधानावरून तुम्हाला सविस्तर उत्तर देता येते का ते !

(३) भूमिती आणि मनोऱ्याची उंची

सातवीच्या हायस्कूल स्कॉलरशिप परीक्षेत मुंबईत तिसरा नंबर आला म्हणून स्मिताला तिच्या वडिलांनी कॅमेरा घेऊन दिला होता. एक दिवस स्मिता आणि तिची मैत्रीण दीपा या दोघींनी कॅमेरा कसा वापरायचा, रोल कसा भरायचा, प्रकाशछिद्र किती मोठे ठेवायचे, वेळ किती द्यायचा हे सर्व तंत्र शिकून घेतले आणि मग ही दुक्कल फोर्टमध्ये भटकायला निघाली. फोर्टमध्ये त्यांनी राजाबाई टॉवरचाही फोटो घेतला.

सर्व रोल वापरला होता म्हणून त्यांनी तो धुऊन त्याचे प्रिंट काढायला दुकानात टाकला. चार दिवसांनी फोटो तयार. झाल्यावर आपला पराक्रम दाखवायला स्मिता वडिलांकडे गेली

स्मिताची आई आपल्या मुलीकडे चांगले फोटो आले म्हणून कौतुकानें बघत होती. वडिलांनीही तिचे कौतुक केले. फोटो चाळत असताना राजाबाईटॉवरचा फोटो त्यांना दिला व त्यांना एक कल्पना सुचली.

' काय ग स्मिता, हा राजाबाई टॉवरचा फोटो आणि ही मीटरपट्टी घेऊन तू जर पुन्हा फोर्टमध्ये गेलीस तर तुला टॉवरची उंची काढता येईल का ? लक्षात ठेव टॉवरवर जायला बंदी आहे. तुला खालूनच टॉवरची उंची काढायची आहे ! '

स्मिता प्रथम गडबडली, पण फोटोतील उंची व पाया यांच्या प्रमाणाचा हिशेब करून टॉवरवर न जाता त्याची उंची काढता येते हे तिने वडिलांना दाखवून दिले.

(४) भूमितीतील व्यास

आमचे राऊतसर म्हणजे फक्त व्यायामशिक्षक नव्हते तर एक बहुश्रुत अशी व्यक्ती होती. मैदानावर कवायत करताना अथवा खेळताना एखाद्या मुलाच्या हातून चूक झाली तर उठा-बशा काढणे, आंगठे धरून उभे करणे, मैदानाभोवती धावत फेऱ्या मारणे अशा शिक्षा करीत नसत, तर त्याऐवजी ज्या खेळात त्याची चूक झाली असेल, त्या खेळातले उद्‌बोधक कोडे सोडविण्यास देत असत.

त्यामुळे त्या दिवशी फुटबॉल खेळत असताना संतोषची थोडी चूक झाली. राऊतसरांनी त्याला जवळ बोलावले, तेव्हा मारापेक्षा कोड्याच्या भितीनेच त्याच्या पोटात गोळा उठला. हे बघ संतोष, हा तुझा फुटबॉल आणि माझी ही मोजपट्टी !

ही मोजपट्टी वापरून या फुटबॉलचा व्यास तू मला काढून दाखव, तरच तुझी चूक मी माफ करीन !'

आता त्या मोजपट्टीने फुटबॉलसारख्या गोल वस्तूचा व्यास कसा काय काढणार ? संतोषने मनातल्या मनात डोक्याला हात लावला.

तुम्ही मात्र डोक्याला हात लावून बसू नका तर व्यास आणि परिघ यांचे नाते लक्षात घेऊन फुटबॉलचा परिघ कसा काढायचा याचा विचार करा.

(५) दंडगोलाचे तत्त्व

आशुतोष स्वतःला फार हुशार विद्यार्थी समजत असे. खरे म्हणजे तसे काही नव्हते. त्याचे बाबा एका मोठ्या कारखान्यात अभियंता होते व ते इंग्रजी नियतकालिकांतून येणारी निरनिराळी गंमतीदार कोडी सोडवून दाखवीत असत, आशुतोष ही कोडी वर्गातल्या मुलांना सोडवायला सांगून शेखी मिरवीत असे. एकदा प्रयोगशाळेत मोरचुदाच्या निळ्या द्रावणाने काठोकाठ भरलेले चंचुपात्र त्याने योगेशपुढे ठेवले.

' काय रे योगेश, यातले साधारण बरोबर अर्धे द्रावण, कोठल्याही प्रकारचे मोजपात्र न वापरता तू जर दुसऱ्या एका तशाच चंचुपात्रात काढून दाखविलेस तर आपण तुझ्या हुशारीला मानू !' योगेशचा वर्गात नेहमी पहिला क्रमांक असे, त्याबद्दल त्याला हा अप्रत्यक्ष टोला होता.

योगेशने थोडा वेळ त्या चंचुपात्राकडे पाहिले. थोडासा विचार केला व आशुतोषला सणसणीत प्रतिटोला दिला.

' हे बघ आशुतोष, असल्या आलतू-फालतू कोड्यांवरून तू पाहिजे तर आपली बुध्दिमत्ता मोज, इतरांची नको ! अरे ऽ, एखादा साधारण बुध्दिमत्तेचा मुलगादेखील तुझे हे कोडे दोन मिनिटांत सोडवील! ' असें म्हणून योगेशने चंचुपात्राचा भौमितिक आकार-दंडगोलाकार असतो हे लक्षात घेऊन द्रावणाचे साधारण दोन सारखे भाग करून दाखविले. आशुतोष विस्मयाने चंचुपात्रातील त्या सारख्या समान उंचीच्या निळ्या द्रावणाकडे पाहातच राहिला होता !

(६) घनता म्हणजे काय ?

प्रभुदेसाईगुरुजी भौतिकशास्त्र शिकविण्यात जेवढे निपुण तेव्हढेच तऱ्हेवाईक म्हणून सर्व कॉलेजमध्ये प्रसिद्ध होते. विद्यार्थ्यांना केव्हा कोणता प्रश्न विचारतील याचा नेम नसे. त्यामुळे विद्यार्थीही त्यांना दबकून असत.

एकदा त्यांनी प्रयोगशाळेतील समभुज-तराजू वर्गात आणला व विदद्यार्थ्यांना विचारले, ' या साधनाचे नाव काय आहे ? '

' शास्त्रीय तराजू ' सारेजण एका सुरात ओरडले.

' याचा उपयोग काय ? '

' पदार्थांचे वस्तुमान मोजण्यासाठी ! ' विद्यार्थ्यांचा पुन्हा एकदा कोरस !

' आणि हे काय आहे ? ' हातात पत्र्याचा एक डबा नाचवत प्रभुदेसाईसरांनी प्रश्न केला.

' पत्र्याचे भांडे ' विद्यार्थ्यांच्या आवाजातला जोर जरासा

कमी होऊ लागला होता. सरांच्या मनात काय शिजतेय याचा नीटसा उलगडा त्यांना होत नव्हता.

'या तराजूने या डब्याचे वस्तुमान तुम्हाला काढता येईल?' सरांनी शेवटचा टोला हाणला. 'परंतु फक्त विज्ञानतत्त्व जाणणारा विद्यार्थीच या डब्याचे आकारमान शोधून काढू शकेल. पाहू या तुमच्यापैकी कोण हुशार विद्यार्थी आहे तो !'

सारा वर्ग चुळबुळू लागला. परंतु शेवटी रेणुका हीच हुशार विद्यार्थिनी ठरली. रेणुकाने अगदी

वस्तुमान = घनता × आकारमान

या साध्या सूत्राचा उपयोग करून आकारमान काढले होते.

(७) सोसॉचे तत्त्व

सुहासरावांना आपल्या प्रसादाची परीक्षा घेण्याची सुरसुरी अधूनमधून येत असे. त्यांचे प्रश्नही विज्ञानाच्या दैनंदिन उपयोगावर असत.

एकदा त्यांनी प्रसादला विचारले, 'काय रे प्रसाद, मोजपट्टी कशासाठी वापरतात ?'

'कशासाठी म्हणजे ? लांबी, रुंदी व उंची मोजण्यासाठी आणि वर्गात बरं का आबा, आमचे गुरुजी कधीकधी शिक्षा करण्यासाठीही वापरतात.

'मग ठीक आहे तर ! मी आताच अमलकशेठकडून ही साखरेची पुडी विकत आणली आहे आणि त्यांच्याकडूनच मी हे १०० ग्रॅमचे वजनही आणले आहे. मोजपट्टीचा आणि १०० ग्रॅम वजनाचा उपयोग करून अंदाजे किती ग्रॅम मी साखर विकत

आणली आहे हे तू मला सांगितलेस तर तुला मी या रविवारी तुंगारेश्वरला निसर्गसहलीला नेईन !'

प्रसाद थोडा वेळ चक्रावला; पण काही वेळ विचार केल्या. वर बालोद्यानातील 'सीसॉ' ज्या तत्त्वावर आधारलेले असते त्या तत्त्वाचा उपयोग करून त्याने आबांनी ५०० ग्रॅम साखर विकत आणली आहे हे शोधून काढले व रविवारच्या निसर्गसहलीत जागा मिळविली. पहा तुम्हालाही जमतंय का ते म्हणजे तुम्हालाही तुंगारेश्वरला जायची संधी मिळेल.

(८) नानागुरुजींची तरफ

रखमाजी पहेलवान म्हणजे एक धिप्पाड शरीर कमावलेला गडी वाळवण्याच्या जत्रेत कुस्तीचा फड जिंकून स्वारी डुलतडुलत अकोलनेरला परतत होती. लवकर घरी पोहो-चावे म्हणून त्यानी जवळचा रस्ता धरला आणि स्वारी एका तीन मीटर रुंदीच्या नाल्यापाशी अडली. नाल्यावरचा साकव हा नुकताच झालेल्या जोराच्या वळवाच्या पावसाने वाहून गेला होता त्याच्या फळ्या आजूबाजूला पडल्या होत्या. रखमाजी-बुवाने त्यातील मोठी फळी ओढ्यावर आडवी टाकून वाहता ओढा पार करायचे ठरवले. कारण तीन मीटर लांब उडी मारणे त्याच्या बालाही जमले नसते; पण सगळ्याच फळ्या अर्ध्या-एक मीटरने कमी पडायच्या. त्यामुळे रखमाजीबुवांचा नाई-लाज झाला. तेवढ्यात ओढ्याच्या पलीकडून नानागुरुजी येताना दिसले. त्यांनी रखमाजीबुवांचा हा खटाटोप पाहिला. त्यांनाही ओढ्याच्या पलीकडे जायचे होते. त्यांनी थोडा वेळ

विचार केला आणि एक ' युगत ' रखमाजीबुवांना सांगितली आणि मग दोघेही ओढ्याच्या पार झाले.

नानागुरुजींनी तरफेचे तत्त्व, घूर्णननियम असे जाडे विज्ञानातले शब्द वापरले नाहीत. पण याच संकल्पना व्यवहारात कशा वापरायच्या हे मात्र रखमाजीबुवांना समजावून सांगितले होते.

(९) समरूप त्रिकोण

अश्विनी आणि अर्चना या जोडगोळीचे साऱ्या पंढरपूर इंग्लिश माध्यम प्रशालेला आश्चर्य वाटत असे . अर्चना जेवढी उनाड व वात्रट तेव्हढीच अश्विनी हुशार व शांत. कुठलीही खोडी दोघीजणी मिळून करीत असत, पण प्रकरण अंगावर शेकताना दिसले की, अर्चना सूंबाल्या करण्याच्या पावित्र्यात असायची, तर अश्विनी शांतपणे आणि मोठ्या हिकमतीने त्या कठीण प्रसंगातून दोघींनाही सुखरूपपणे बाहेर काढीत असे.

एकदा इतिहासाच्या तासाला दांडी मारून दोघीही शाळेच्या मागच्या बाजूला असलेल्या चंद्रभागा नदीच्या पात्रावरील झाडीत जाऊन बसल्या होत्या. अर्चनाला नेहमीप्रमाणे स्वतःच्या मोठेपणाची शेखी मारायची सुरसुरी आली. आकाशमोगऱ्याच्या उंच झाडाकडे बोट दाखवून तिने अश्विनीला विचारले,

' या १५ मीटर उंच झाडावर मी अवघ्या ४५ सेकंदांत चढून जाऊ शकेन ! '

अश्विनीने शांतपणे दप्तरातून मोजण्याचा टेप काढला.

आकाशमोगऱ्याच्या झाडाच्या सावलीची लांबी मोजली. मनाशी थोडी आकडेमोड केली आणि अर्चनाला सुनावले,

' या झाडाची उंची जेमतेम ८ मीटर आहे! '

प्रत्यक्ष झाडाला मोजण्यासाठी टेपचा स्पर्शही न करता अश्विनीने उंची कशी काय शोधून काढली बरं ?

(१०) भिंगाचे गुणधर्म

मी त्या वेळी फर्ग्युसन महाविद्यालयात होतो. सायंकाळचा माझा वेळ विज्ञानछंदालयात जायचा. कॉलेज सुटल्यावर प्रयोग करण्याची आवड असणारे दुर्दम्य उत्साही विद्यार्थी जमायचे. त्यांच्या बुध्दीला चालना देणारे विविध उद्बोधक प्रयोगांची मी मांडणी करीत असे.

पुण्यातले ते पहिलेवहिले विज्ञानछंदालय. त्याचे तत्त्वज्ञान-ही अभिनव होते. विज्ञान ही वस्तू, घटना आणि जीवनाकडे पाहण्याची दृष्टी आहे, बारकाईने पाहण्याची, निरखून, तपासून व समजून घेण्याची दृष्टी आहे हे विद्यार्थ्यांच्या मनावर बिबविण्या-साठी विज्ञानाच्या विविध शाखांतील उद्बोधक प्रयोगांची मांडणी केली जाई. म्हणून जरा गौरसे देखिये ! Be a meticulous observ er अशा शब्दांत विद्यार्थीमनावर प्रयोगाची आवड निर्माण करण्याचा प्रयत्न केला जात असे.

अशाच एका संध्याकाळची गोष्ट ! काही प्रयोगांची मांडणी करीत असताना सुकृत येताना दिसला.

' य सुकृत ! अगदी वेळेवर आलास ! तुझ्यासाठी अगदी एक साधा प्रयोग मांडून ठेवला आहे बघ ! ही दोन भिंगे घे

ती एकाच प्रकारची नाहीत. एक आहे बहिर्वक्र–भिंग तर दुसरे आहे अंतर्वक्र–भिंग. हा शंभर वॅटचा दिवा घे हवा तर ! या–खेरीज तुला काहीही दिलेले नाही. यावरून कोणत्या भिंगाची क्षमता अधिक आहे हे तू कसे शोधून काढशील ?'

सुकृतने फार वेळ न घालवता, भिंगाच्या अभिसारी गुण-धर्मांचा उपयोग करून प्रश्न सोडविला.

(११) आयरिनबाईंचा हाउसमीटर

डिमेलोंचा रसेल ही काय चीज आहे हे साऱ्या पालीकरांना माहिती होते. स्नेहालयाच्या गॅलरीतून छोटे छोटे दगड रस्त्यावरून जाणाऱ्या आपल्या सवंगड्यांना मारणे, विरुध्द बोलणाऱ्या मित्रांची सुरेखशी धुलाई–पिटाई करणे यासारखे उद्योग-म्हणजे त्याच्या उजव्या हाताचा मळ होता. त्याची आई आयरिन-बाई या विज्ञानशिक्षिका होत्या. त्यांना आपल्या चिरंजिवाच्या या खोड्यांची पुरी कल्पना होती, म्हणून त्यांची रसलेवर कडक नजर असे.

एकदा वारंवार निरोप पाठवूनही इलेक्ट्रिशियन आला नाही म्हणून स्वत: आयरिनबाई इलेक्ट्रिकचा बोर्ड खोलून बसल्या होत्या. आई काही आता येथून उठत नाही हे लक्षात आल्यावर रसेलने आईने बाजूला काढून ठेवलेले मनगटी घड्याळ हलकेच फडताळात लपवले व अत्यंत साळसूद चेहरा करून तो आईसमोर येऊन उभा राहिला.

'काय रे ?' आईने विचारले.

'ममी, मी त्या ओकांच्या महेशकडे जरा अभ्यासाला जातो.

बरोबर तासाने परत येईन. जाऊ का ?' रसेलने केविलवाण्या आवाजात विचारले.

महेशकडील अभ्यास म्हणजे समोरच्या मैदानावर क्रिकेट खेळणे हे आयरिनबाईच्या लक्षात आले. त्यांनी घड्याळाकडे नजर टाकली, तर ते जागेवर नव्हते. उघडलेल्या मीटरच्या तारा हातात असल्याने तेथून बाजूला होणेही शक्य नव्हते. मनाशी काही तरी निश्चितपणे ठरवूत त्यांनी रसेलला सांगितले.

'ठीक ! जा तू ! पण बरोबर एका तासाच्या आत ये ! उशीर झालेल्या प्रत्येक मिनिटामागे तुला पाच उठाबशा काढाव्या लागतील हे लक्षात ठेव! '

तासाभराने रसेल परत आला तेव्हा आयरिनबाईने त्याला गुनावले, ' तुला मोजून वीस मिनिटे उशीर झाला आहे. आता १०० उठाबशा काढायला सुरुवात कर!'

आयरिनबाईंनी रसेलला २० मिनिटे उशीर झाला आहे ह ठरविण्याकरिता ' हाउसमोटर ' कसा वापरला हे तुमच्या लक्षात आले असेलच!

(१२) पृथ्वीकर्षुकाची पातळी

प्राध्यापक नाईक यांनी आपल्या कर्षुकीय गुणधर्मावरील पाठ संपविला. सारा वर्ग मंत्रमुग्ध होऊन कर्षुकाच्या अपूर्व गुणधर्मासंबंधी विचार करीत होता.

' मग आता पृथ्वीकर्षुची दक्षिणोत्तर पातळी नेहमीच्या उपकरणानी कशी काढायची हे तुमच्या लक्षात आले असेलच !'

परंतु ही पातळी शोधण्याकरिता मी नेहमीची साधने न

वापरता वेगळ्या पद्धतीचा अवलंब करायचे ठरविले आहे. त्यामुळे ‘ आपण काहीतरी नवा शोध लावला ’ अशी अनुभूती तुम्हाला येईल.

या टेबलावर काही अगदी साध्या वस्तू मी मांडून ठेवल्या आहेत. एक ग्लासभर पाणी, या कागदाच्या पुडीत एक चिमुट-भर अमोनियम क्लोराइडची भुकटी, कात्री, तांब्याच्या तारेचा तुकडा, दोन बुचे व जस्ताची पट्टी एवढ्याच गोष्टी तुम्हाला वापरायच्या आहेत.

ज्या कुणाला कर्षुकीय गुणधर्म समजले असतील त्यांनी या साहित्याचा उपयोग करून कर्षुकीय दक्षिणोत्तर पातळी काढावी.

ओर्स्टेडच्या शोधाचा वापर करून बऱ्याच विद्यार्थ्यांनी प्रयोग यशस्वी करून दाखविला.

(१३) श्रीनगरचे तापमान

प्रा. मुल्हेरकर त्या वेळी लेडी आर्यविनमध्ये होते. त्यांनी आपल्या वर्गाची सहल डिसेंबरच्या सुट्टीत काश्मीरला नेण्याचे ठरविल्यापासून वर्गातल्या सर्वच मुलींना जवळपास हर्षवायु व्हायचाच काय तो बाकी राहिला होता. डिसेंबरमधल्या काश्मीरचे बर्फीले सौंदर्य आणि त्यात प्राध्यापकमहाशयांची बौध्दिक मेजवानी ! दुग्धशर्करा–योग म्हणतात तो दुसरा कुठला असणार? प्राध्यापकांनी आपल्या चुणचुणीत मुलाला–शेखरलाही–सहलीला न्यायचे ठरविले.

काव्यशास्त्रविनोदात अक्षरशः वाहात वाहात सर्वजण एकदाचे श्रीनगरला पोहोचले. प्राध्यापकांनी निवडलेला शिवां-

जली हा बंगलाही त्यांच्या रसिकतेची साक्ष देत होता. चारही बाजूंनी पांढऱ्याशुभ्र लोकरीसारख्या बर्फाने भरलेल्या उत्तुंग टेकड्या, पूर्वेकडील शंकराचार्यहिल आणि मध्येच कोंदणात बसविलेल्या हिऱ्यासारखी ' शिवांजली! ' क्या बात है !

काचेच्या उंच खिडक्यांमधून बाहेर भुरभुरणारे बर्फ पाहताना सारेजण आपले देहभान विसरून गेले होते. अगदी प्राध्यापक मुल्हेरकर सुद्धा ! एवढ्यात शेखरच्या डोक्यातला विज्ञानकिडा जागा झाला.

' अरे, एवढा बर्फ बाहेर पडतोय तर आपल्या या हॉलचे तापमान काय असेल ?' या उद्गारांनी प्राध्यापकमहाशयांची समाधी भंग पावली. कारण तापमापक आणायला ते विसरले होते, पण अशा वेळी गुरुजींच्या मदतीला स्मितासारखी शिष्यवरा धावली नाही तरच नवल !

काही हरकत नाही, आपण व्होल्टमीटर तर आणला आहे ना ?

होय तर ?

आणि ॲमीटर

अर्थात !

तांब्याची बारीक तार असेलच आपल्याकडे ?

पाहिजे तेवढी !

भौतिकशास्त्राच्या मूलभूत राशींची मूल्ये देणारी पुस्तिका देखील माझ्याकडे आहे. ठीक तर ! आता पाच मिनिटांत मी तुम्हाला या हॉलचे तापमान काढून देते सर !

स्मिता आणि शेखरने या साधनसामुग्रीनिशी तापमान

कसे काढले माहीत आहे ? रोधकाचे मूल्य तापमानाप्रमाणे कसे बदलते हे विशद करणाऱ्या सूत्राचा अवलंब त्यांनी केला होता.

(१४) दाभोळकरसरांची युक्ती

प्रसाद आणि आनंद हे चिकित्सक विद्यार्थी म्हणून सर्वांना माहीत होते. ' वादे वादे जायते तत्त्वबोधः ' या उक्तीवर त्यांचा पुरा विश्वास होता. एखादी घटना पाहिली की त्यांची विचार-धारा सुरू व्हायची. अगदी साध्याही विषयात आशय असतो म्हणून प्रत्येक गोष्टीचा ते पाठपुरावा करीत असत.

एके दिवशी ते फिरत फिरत नदीकाठच्या महादेवाच्या देवळाजवळील घाटावर बसले होते.

अरे ! तो समोर नदीपलीकडे दिव्याचा खांब दिसतोय का ?

हो, पानमळ्याच्या कोपऱ्यावरचा ना ?

हा खांब आपल्यापासून किती अंतरावर असेल बरे ? त्याची उंचीही किती असेल ?

तो खांब आपल्यापासून बहुतेक ४० मीटरवर असणार आणि त्याची उंची नक्कीच ६ मीटर असेल! आनंदने उत्तर दिले.

मला नाही तसे वाटत. तो खांब ५० मीटर दूर असून त्याची उंची ८ मीटर तर नक्कीच असणार!

झाले. वादविवाद सुरू झाला. तेवढ्यात दाभोळकरसर तिकडून येताना दिसले. त्यांच्याजवळ मोजण्याचा टेप होता. या

प्रश्नाचे उत्तर वादविवाद करून सोडविण्याऐवजी काही निरीक्षणे घेऊन सोडविता येईल हे त्यांनी दाखवून दिले.

अगदी भूमितीतील साध्या कल्पनांचा त्यांनी वापर केला होता.

(१५) आपणचालतो कसे ?

मानससरोवराच्या मोहिमेवर आम्ही गेलो होतो, त्या वेळचा तो भीषण प्रसंग! काही प्रवास पायी तर काही ट्रकनेही करावा लागला होता. अडचणीच्या प्रसंगी आम्हाला हेलीकॉप्टरनेही जाण्याचा प्रसंग आला, पण पोहोचण्याच्या ठिकाणी हेलीकाप्टर उतरण्याची सोय (हेलीपॅड) नसल्यामुळे आम्हाला हवाई-छत्र्यांनी उतरावे लागले.

सर्वत्र धुके पसरले होते. त्यामुळे छत्री कुठे उतरेल ते सांगवत नव्हते. आमच्या या मोहिमेतील सर्व जण जमिनीवर व्यवस्थित उतरले, पण दीपक मात्र एका गोठलेल्या सरोवराच्या मध्यभागी उतरला गेला.

पायांच्या हालचालीमुळे (स्नायुशक्ति) आपण चालू शकतो ही किती खोटी कल्पना आहे हे दीपकच्या, आम्हा सर्वांच्याही तेव्हा लक्षात आले. आपण पायांनी जमीन ढकलतो हे क्रियाबल आणि जमीन आपल्याला उलट दिशेनें ढकलते हे प्रतिक्रियाबल हे घर्षणामुळेच शक्य होते. म्हणजें माणूस चालतो ते घर्षणयुक्त प्रतिक्रियाबलामुळेच.

दीपक बर्फाळ सरोवरावर उतरला गेला होता. त्या गुळ-गुळीत बर्फाळ पृष्ठभागामुळे त्याला प्रतिक्रियाबल मिळण्याची

शक्यताच नव्हती' म्हणजे दीपकला चालताच येणार नव्हते. तेव्हा आता दीपकचे कसे होणार? आमच्याबरोबर या मोहिमेत पुढे तो सामील होऊ शकणार नाही असे वाटून सर्वजण भयग्रस्त झाले.

तेवढ्यात आमच्याबरोबर आलेले लडाखच्या परिसरात वावरलेले कर्नल चांदवडकरांना एक युगत सुचली. त्यांनी आम्हा सर्वांना दीपकच्या दिशेने दगड फेकायला सांगितले. तास–दीड तासात दीपक आमच्याकडे प्रतिक्रियाबलामुळेच येऊ शकला ओळखा बरे, कोणते होते हे प्रतिक्रियाबल ?

(१६) आंदोलकाचे तत्त्व

त्या वेळी मी सोमाणी इन्स्टिटयूटमध्ये विज्ञान–सल्लागार म्हणून जात असे. त्या प्रशालेतील एक अध्यापिका श्रीमती हंसा मेहता यांनी कफपरेडच्या परसोपोलीस अपार्टमेंटमध्ये घेतलेला फ्लॉट बघायला आम्ही गेलो होतो. तेथील हॉल बघून आमच्या एका विज्ञान–अध्यापिकेने विचारले, काय हो, मूळ आराखड्या-पेक्षा हा हॉल बराच मोठा दिसतो आहे. त्यानी आपली शंका बोलून दाखविली.

तेव्हा माझ्यातला विज्ञानसल्लागार जागा झाला. प्रत्यक्ष हॉलचे घनफळ काढून शंका निरसन करण्याऐवजी या अध्यापि-केला आपण एक प्रायोगिक कोडे का घालू नये ? मी हंसाबनकडे वळून म्हटले, बरं का हंसाबेन, या आमच्या विज्ञानअध्यापिका पुढच्या वेळी (१) शिवण्याच्या धाग्याचा रीळ (२) सेकंदकाटा असलेले मनगटी घड्याळ आणि (३) छोटेसे वजन येवढ्या तीनच गोष्टी घेऊन येतील व तुमच्या हॉलचे घनफळ काढतील.

त्यांनी ते जर बरोबर काढले तर तुम्ही त्यांना पार्टी द्यायची !

आमच्या उत्साही अध्यापिका लांबी–रुंदी–उंची मोजायला मोजपट्टी दिली नाही म्हणून डगमगल्या नाहीत.आंदोलकाचे सूत्र वापरून त्यांनी घनफळ काढले आणि झक्कपैकी उंधीयोची पार्टी हंसाबेनकडून घेतली!

(१७) तक्षशिलेचे उत्तर

त्यावेळी मी एस्. टी. कॉलेजमध्ये बी. एड्. करीत होतो. जे. जे. स्कूलमध्ये आम्हाला विज्ञान अणि गणिताचे पाठ घ्यावे लागत. मुलींची शाळा असल्यामुळे जेव्हा मी जीवशास्त्राचे पाठ घ्यायचो तेव्हा सर्वच वर्ग एकाग्रतेने पाठ ऐकत असे. जीवशास्त्राचा पाठ रंगवायचा म्हणजे दृक्श्राव्य माध्यम वापरावे लागतेच, त्याशिवाय जीवशास्त्र हा विषय शिकवणे शक्यच नाही. एक तर रंगीत खडूने सुबक आकृत्या फलकावर काढायच्या नाहीतर स्लाईड प्रोजेक्टर वापरायचा. मी मात्र रंगीत स्लाइडच्या साहृयाने शिकवीत असें.

मानवी शरीराची हालचाल कशी होतें यावर माझा पाठ होता. हाडे, स्नायू आणि सांधे हे भाग हालचालीसाठी आवश्यक आहेत आणि यातील कोणताच एक भाग इतरांच्या मदतीशिवाय हालचाल घडवून आणू शकत नाही, हा मुद्दा मी विद्यार्थिनींना समजावून सांगत होतो. शरीरसंरक्षण आणि शरीराला आधार देणे ही हाडांची दोन कामे समजून सांगितल्यावर मी हाडांचे सांधे कसे काम करतात याकडे वळलो. सांधा म्हणजे जोड. अचल सांध्याभोवती हाडांची हालचाल होऊ शकत नाही, पण चल सांध्यांभोवती ती होऊ शकते या मुद्यावर आल्यावर मी

वर्गाला प्रश्न केला.

'तुमच्या शरीरात चल सांध्यांचे जे चार प्रकार आहेत तें कोठे आहेत आणि त्यांचे फिरणे हे नेहमीच्या परिचयाच्या कोणकोणत्या उदाहरणांनी तुम्ही स्पष्ट करू शकाल ?' सर्व वर्ग विचार करू लागला होता, पण तत्परतेने मात्र उत्तर दिले ते तक्षशिलेने. सांगा बरं तुम्ही तक्षशिलेचे उत्तर.

(१८) एकसमान त्वरण

मंगलवाडीतील द्विजविहारमधील दत्ताजीराव हे एक उत्साही गृहस्थ होते. एका चांगल्या कारखान्यात अभियंता म्हणून काम करीत असूनही आपल्या इमारतीत राहणाऱ्या मुलामुलींच्या अभ्यासातील अडचणी सोडवणे, अप्रत्यक्ष पद्धतीचा वापर करून विविध भौतिक राशी मोजणे हा त्यांचा फुरसतीच्या वेळचा छंद असायचा. असाच एक दिवस रणजित रोहितची तक्रार घेऊन त्यांच्याकडे आला.

' बघा हो सर, रणजित सांगत होता. ' या माझ्या खेळण्याच्या पिस्तुलातूनही गोळी ताशी ४० Km वेगाने बाहेर पडते. तर हा रोहित म्हणतो फार तर १० Km ताशी वेग आहे ! आता तुम्हीच सांगा ही गोळी किती वेगाने बाहेर पडते ते ?'

दत्ताजीरावांनी मोजण्याची टेप घेतली आणि रणजितची शंका पाच मिनिटांत दूर केली. त्याकरिता त्यांना एकसमान त्वरण सूत्राचा वापर करावा लागला.

(१९) तोटीतून बाहेर पडणारे पाणी

मुम्बापुरी ही मायानगरी आहे. विविध क्षेत्रांत काम करण्याची तयारी असणाऱ्याला येथे व्यवसाय मिळू शकतो. मात्र प्रथमतः अनुभव गाठीशी मिळविण्यासाठी उमेदवारी मात्र करायला हवी. नगरहून मुंबईला नुकत्याच आलेल्या अनंताने हाच पोक्त विचार करून डॉ. प्रफुल्लांच्या प्रयोगशाळेत साहाय्यकाची जागा स्वीकारली. डॉ. प्रफुल्ल अनंताला पुढील अभ्यासासंबंधी सतत सल्ला देत असतच, पण वेळोवेळी निरनिराळे प्रश्न उपस्थित करून त्याच्या बुद्धीला व कौशल्यालाही चालना देत असत.

असाच एकदा अनंता मोठे चंचुपात्र धूत होता. टाकीतील. पाण्याचा दाब कमी असल्यामुळे नळाच्या तोटीतून पडणारी पाण्याची धार फारच बारीक होती. त्यामुळे धुवायला वेळ लागत होता. डॉ. प्रफुल्ल ते पाहात होते. त्यांनी एक व्हर्नियर कैवार घेतले आणि अनंताला देऊन ते म्हणाले,

'काय अनंता ! पाण्याचा दाब कमी म्हणून वैतागलास ना ! मग हे घे व्हर्नियर. चंचुपात्र आहेच तुझ्याकडे सेकंद काटा असलेले मनगटी घड्याळही आहे. या तीन साधनांचा उपयोग करून या तोटीतून बाहेर पडणाऱ्या पाण्याचा वेग मला काढून दाखव बरं.'

अनंता विस्मयाने त्यांच्याकडे पाहातच राहिला, पण काही वेळातच त्याच्या चेहऱ्यावर हसू फुटले. गतिविषयक सूत्राचा उपयोग त्याच्या ध्यानात आला. ही ग्यानबाची मेख लक्षात आल्यावर काही वेळातच अनंताने डॉ. प्रफुल्लांना पाण्यांचा वेग किती आहे हे सांगितले.

(२०) जडत्व आघूर्ण

भाऊकाकांनी कारखान्यात आलेल्या मालाचे एक खोके तपासण्याकरिता उघडले आणि ते चकित होऊन गोंधळून गेले.

दोन निरनिराळ्या गिऱ्हाइकांना पुरविण्यासाठी एकाच आकारमानाचे व वजनाचे एक एक हजार धातूंच्या पोकळ गोळ्यांची मागणी स्थापत्य निकेतन या कारखान्याला दिली. होती. या दोन हजार गोळ्यांपैकी एक हजार गोळे तांब्याचे व एक हजार गोळे अॅल्युमिनियमचे होते. या गोळ्यांना चांगली चकाकी यावी व ते कोणत्या धातूचे आहेत हे ओळखता येऊ नये म्हणून तांब्यावर तपकिरी रंगाचे व अॅल्युमिनियम गोळ्यांवर काळ्या रंगाचे गुळगुळीत पॉलिश करायची सूचनाही कारखान्याला दिली होती.

कारखान्याने अनवधानाने सर्वच्या सर्व गोळ्यांवर सुरेख-पैकी तपकिरी रंगाचे पॉलिश करून पाठविले होते.

आता कुठला गोळा तांब्याचा आणि कुठला अॅल्युमिनियमचा हे दुरून कसे ओळखायचे हे काही भाऊकाकांच्या लक्षात येत नव्हते. कारण सर्वच गोळे रंग व वजन आकारमान यात अगदी एकसारखे होते. रंग खरवडून पाहायचा म्हणजे पॉलिश खराब होणार आणि गिऱ्हाइकाने माल परत पाठविला तर ?

भाऊकाकांचा मुलगा शरद हा तसा डोकेबाज कॉलेज-कुमार होता. भौतिकशास्त्रातील भ्रमणगतीच्या नियमांचा उपयोग करून त्याने एका साध्या प्रयोगाने वडिलांची चिंता दूर केली.

शरदने कोणता प्रयोग केला हे लक्षात येते आहे का तुमच्या ?

(२१) विद्याने स्मिताला काय सांगितले ?

प्रा. दत्तो विनायकांचा बागकामाचा छंद साऱ्या कॉलेज-परिसरात माहीत होता. त्यांनी आपल्या बंगल्याभोवतीच नव्हे तर टेक्निकल इन्स्टिट्यूटच्या खडकाळ परिसराचे हिरवळीत रूपांतर केले होते. बागेला नियमितपणे पाणी पुरवता यावे म्हणून त्यांनी ६ × ५ × ३ क्युबिक मीटरचा प्रचंड असा पक्का हौदही बांधून घतला होता. तो भरण्याकरिता लावलेल्या पंपाची मोटर अधूनमधून दगा देत असे. अशा वेळी नळाला जोडलेल्या होज-पाइपने तो प्रचंड हौद भरण्याचे काम त्यांच्या मुलीवर-स्मितावर येऊन पडत असे.

अखंडपणे काही तास तो हौद भरण्याची वाट पहात बसणे स्मिताच्या जिवावर येई. पण करते काय ? प्राध्यापकांची शिस्त भलतीच कडक होती. पाणी वाया गेलेले त्यांना बिलकूल खपत नव्हते.

एक दिवस स्मिताच्या वर्गातील मैत्रीण विद्या बंगल्यावर आली असताना तिला एक युक्ती सुचली. एका मोजपट्टीच्या साहाय्याने तो हौद किती वेळात भरेल हे कसे काढायचे याचे गणित तिने स्मिताला सांगितले. त्या दिवसापासून पाण्याची तोटी हौदाच्या काठावर टेकवून ठेवून स्मिता खेळायला जाऊ लागली व हौद भरण्याच्या आधी नेमकी परत येऊ लागली.

विद्याने स्मिताला सांगितलेली ही युक्ती म्हणजे गति-सूत्राचा उपयोग होता.

(२२) तांब्याच्या तारेचे वेटोळे

श्रीकांतरावांचा एक कुशल वीजअभियंते म्हणून नगर-मध्ये मोठा दबदबा होता. आपल्या मुलाच्या सुकृतच्या बुद्धि-मत्तेची अधूनमधून चाचणी घेण्याची त्यांना मोठी हौस होती.

एकदा सुकृत आपल्या आलेखाच्या वहीत पिंपळाच्या पानाचा आलेख काढण्यात गुंतला होता. तेवढ्यात श्रीकांतराव बाहेरून आले.

काय करतोयस रे सुकृत !

'निरनिराळ्या पानांच्या क्षेत्रफळांचा आलेख मी चौरस मिलिमीटरमध्ये मोजतोय बाबा !'

तर मग बरंच झालं. हे घे तांब्याच्या तारेचे वेटोळे. याची लांबी तुला दिलेली आहे. पेन्सिल तुझ्याकडे आहेच ! आलेख-वहीही आहे. तेव्हा या तीन सामुग्रीचा वापर करून मला या तारेचा व्यास काढून दाखव बरे ! अगदी अचूक मोजता येणार नाही, पण साधारणपणे मात्र काढता येईल.

सुकृत वडिलांसारखाच चाणाक्ष होता. बराच वेळ विचार केल्यावर त्याला या कोड्याची गुरुकिल्ली सापडली. सुकृतने चक्क पेन्सिलभोवती बरेच तारेचे वेटोळे घातलेले दिसत होते.

(२३) काळेमहाशयांची हिकमत

कधीकधी सहज घडलेल्या चुकीमधून मोठी गंमत उद्भवते आणि ती गंमत बरेचसे काही शिकवून जाते, याचा पुरापुरा अनुभव हेमंतला त्या दिवशी प्रयोगशाळेत आला.

गल्लीबोळांत क्रिकेट खेळणारा हेमंत शाळेला उशीर होईल म्हणून खेळणे अर्धवट टाकूनच शाळेत आला होता छोटा रबरी चेंडू प्रयोगशाळेत घाईघाईने टेबलाखाली लपवत असताना बलाजवळच्या पाण्याने भरलल्या एका लहानशा काचेच्या चौकोनी टाकीत पडला.

हेमंतला तो चेंडू लपवायला वेळच मिळाला नाही कारण विनायकसरांच्या बारीक नजरेतून असल्या गोष्टी कधीच सुटत नसत.

' इकडे ये हेमंत ' सरांचे फर्मान सुटले. सारा वर्ग आता पुढे काय होते या उत्सुकतेने त्या दोघांकडे पाहात होता. 'शाळेची प्रयोगशाळा म्हणजे तुला काय खेळायचे मैदान वाटले ?' सरांच्या हातातील पट्टी लवलवत होती. पुढील समरप्रसंगाच्या नुसत्या कल्पनेने हेमंताचे आतल्या आत पाणी होत होते.

' पण सर त्याने बचावाचा क्षणभर प्रयत्न केला, पण विनायकसरांच्या बेतात काहीतरी बदल झाल्याचे त्याला जाणवले म्हणून तो मध्येच थांबला. '

' वर्गात नेहमी तू पहिला असतोस नाही का हेमंत ? सरांच्या हातातील लवलवणारी पट्टी आता स्थिर झाली होती.'

' होय सर!, दबलेल्या आवाजात हेमंतचे उत्तर आले. '

' त्या चेंडूचे वजन तुला ठाऊक आहे का ?' टाकीतल्या पाण्यात तरंगणाऱ्या त्या चेंडूकडे पट्टी रोखत सरांनी विचारले

' नाही सर ! '

' तर मग ही पट्टी घे व त्या चेंडूचे वजन मला काढून दाखव. लक्षात ठेव, तराजू, व्हर्नियर अथवा ताणकाटा यासारखी इतर कोणतीच साधने वापरायची नाहीत. वापरायची ती फक्त ही मोजपट्टी ! समजले ! '

हेमंतने त्या तरंगणाऱ्या चेंडूकडे बघत सुटकेचा निश्वास टाकला. कारण मार खाण्यापेक्षा त्या चेंडूचे वजन हिकमतीचा वापर करून शोधून काढणे त्याला सोपे वाटत होते.

(२४) भूमितीची चकवाचकवी

भारत समर्थ करणे व त्याचा सर्वांगीण व योजनाबध्द विकास घडविणे हे आपणाला काळाने दिलेलें आव्हान आहे. त्यासाठी विज्ञान, तंत्रज्ञान आणि गणित यामध्ये नवी पिढी पारंगत झाली पाहिजे. आतापर्यंतच्या शालेय अभ्यासक्रमात बीजगणित, अंकगणित किंवा भूमिती शिकण्यात स्फूर्तिदाकता कमी होती. संकल्पना व मर्मग्राहकतेपेक्षा यांत्रिकतेवर जास्ती भर होता.

प्रा. बाळासाहेब ठिपसे नव्या अभ्यासक्रमाच्या नाविन्यतेवर एका शिक्षकसभेत बोलत होते. त्यांची मुलगी मयूराही या चर्चासत्राला आली होती. घरी आल्यावर मयूराने बाळासाहेबांना गणितावर बरेच प्रश्न विचारले. बाळासाहेबांनीही त्यांची सोप्या भाषेत उत्तरे दिली. शेवटी बाळासाहेबांनी मयूराला एक प्रश्न सोडवायला दिला. बघा बरं तुम्हाला तो सोडवता येतो का?

जर तुम्हाला चौकोनाचे क्षेत्रफळ माहीत असेल तर त्यावरून त्रिकोण, समांतरभुजचौकोन, समलंबचौकोन आणि वर्तुळाचे क्षेत्रफळ दिलेल्या चौकोनाचे योग्य असे तुकडे करून त्यांची जुळणी करून कसं मिळू शकते ते दाखवा बरं करून !

(२५) कर्वेबाईंचा प्रश्न

हर्षदा तिच्या नेहमीच्या सवयीप्रमाणे जराशी लवकरच शाळेत आली होती, विज्ञान हा तिचा आवडीचा विषय असल्यामुळे सतत तिच्या डोक्यात प्रयोगाविषयी काही ना काही विचार घोळत असत. त्यात कर्वेबाओींसारख्या दुर्दम्य उत्साही अध्यापिका विज्ञान शिकवायला असल्यामुळे तिच्या सर्वच शंकांचे योग्य निरसन होत असे.

परंतु त्या दिवशी ती प्रयोगशाळेत आली तेव्हा कर्वेबाई किंचित त्रासिक चेहरा करून टेबलापाशी बसलेल्या दिसल्या.

काय झाले बाई ! हर्षदाने भीतभीत विचारले.

अग, या बारीक नळीत मी पारा भरीत होते, पण काय झाले ते माझ्या लक्षात येत नाही. या नळीच्या तळाशी बघ केवढा हवेचा बुडबुडा अडकलाय तो ! आता सारा उपद्व्याप पुन्हा करावा लागणार बघ !

पण तेवढ्यात त्यांना काही कल्पना सुचली व कर्वेबाईंच्या चेहऱ्यावरील त्रासिक भाव कुठच्या कुठे पळाला.

अग हर्षदा, आपण असे केले तर ?

कसे ?

या बिघडलेल्या नळीपासूनच आपण एखादा उद्बोधक प्रयोग करू शकतो का ?

ते कसे काय ?

असे पहा ही एका टोकाला बंद केलेली काचेची नळी आहे. तिच्या तळाशी हवेचा एक बुडबुडा आहे. त्यावर पाऱ्याचा एक

स्तंभ तयार झालेला आहे. आता फक्त एका मोजपट्टीच्या मद तीने ही नळीं वापरून तुला हवेचा दाब शोधून काढता येतो का बघ !

विज्ञानाच्या पुढील तासापर्यंत हर्षदाने हे कोडे सोडविले होते त्याकरिता तिने दाबविषयक सूत्रांचा सुयोग्य उपयोग केला होता.

(२६) खंडोबाच्या डोंगरावरील निरीक्षण

सुट्टीत अकोळनेरला आलेल्या आपल्या नातवाला घेऊन दादा संध्याकाळी जेव्हा फिरायला निघाल तेव्हा त्याच्य आजीने बजावले होते,

'लवकर या बरे का ! फार दूरवर मळ्यात फिरायला जाऊ नका ! आभाळ पहा कसे भरून आलेय. उगाच पावसात अडकाल !'

वेशीबाहेर आल्यावर खंडोबाचा डोंगर चढू लागताच आजीचे शब्द खरे ठरले. पावसामुळे त्या दोघांना देवीच्या देव-ळात थांबावे लागल. वळवाचा पाऊस तो. कानठळ्या बसवि-णाऱ्या विजा चमकू लागल्या.

'घाबरलास की काय सतीश !' दादांनी विचारले तुमच्या मुंबईत अशा विजा नक्कीच चमकत नसणार !'

'घाबरतोय कशाला?' सतीशने उत्तर दिले, 'अहो आजोबा, आता माझ्याकडे जर घड्याळ असते ना तर या समोरच्या वीजा चमकताहेत ना त्यांच्या शलकांची लांबीदेखील मी काढून दाख-विली असती तुम्हांला !' त्याचे हे उत्तर ऐकून आजोबा चकित झाले. आपला नातू हुशार आहे हे त्यांना ठाऊक होते ; पण तो इतका हुशार आहे ह मात्र त्यांना ठाऊक नव्हते आणि खरेच

आजोबांच्या खिशातील जुन्या प्रकारचे सेकंद काटा असलेल्या घड्याळाचा उपयोग करून सतीशने आकाशात चमकणाऱ्या विजांच्या शलाकांची लांबी कशी काढायची हे आजोबांना सप्रयोग दाखवून दिले.

सतीशने ध्वनिवेग व प्रकाशवेग यांच्या स्थिर मूल्यांचा उपयोग केला होता.

(२७) कदगदकैसरांचे उत्तर

डॉ. सुजाताबाईंना सहलीला जाण्याची फार हौस होती. गिर्यारोहण हा त्यांचा आवडता छंद ! एकदा अशाच त्या मुलांना घेऊन लोहगडला निघाल्या होत्या. मळवलीला उतरून सर्वजण उत्साहाने मजल-दरमजल करीत गडाच्या पायथ्याशी असलेल्या गावातील उर्सेकर निवासात विश्रांती घेऊन गडाच्या प्रमुख बुरुजावर सर्वजण पोहोचले. आजूबाजूच्या परिसरातील हिरवीगार सृष्टी सर्वजण न्याहाळीत होते. तेवढ्यात जीवक आणि संहिता या बहीणभावांच्या झकापकीकडे सर्वांचे लक्ष गेले.

'अरे जा रे ताकदवाल्या !' संहिता उसळली. 'तू कसला दगड फेकणार ! मी तुझ्यापेक्षा कमीत कमी दुप्पट वेगाने तरी दगड फेकेन !

'अरे हाट ! कमीत कमी दुप्पट वेगाने म्हणे ! आरशात तोंड बघून ये एकदा ! अग, मी तुझ्यापेक्षा तिप्पट वेगाने दगड फेकू शकेन !'

महाराष्ट्र मंडळातील व्यायामशाळेत जाणारी ही दुक्कल. कुणी कुणाला आवरेना. शेवटी सुजाताबाई मध्ये पडल्या ; परंतु

हा गुंता सोडविणे त्यांना जमण्यासारखे नव्हते. म्हणून पुण्याला परतल्यावर त्यांनी त्या दोघांना कदगदकैसरांकडे पाठविले.

एका साध्या मोजपट्टीने कदगदकैसरांनी तो गुंता सोडविला. मात्र त्याकरिता त्यांना गतिविषयक सूत्रांचा उपयोग करावा लागला होता.

(२८) सत्यक–सूर्यकची धडपड

सत्यकला ओळखणाऱ्यांपैकी बहुतेक जणांना त्याच्या एकमार्गीपणाची माहिती होती; परंतु फारच थोड्यांना त्याच्या हुषारीची खरीखुरी जाणीव होती. कॉलेजमध्ये वर्गात तो कधीकधी असे प्रश्न उभे करी की प्राध्यापकमहाशयही अवाक् होत.

त्यामुळे त्या दिवशी त्याच्या धाकट्या भावाने जळालेला विजेचा दिवा टाकायला काढला तेव्हा त्याने त्याला थांबविले.

'ते काय घेऊन चाललायस रे सूर्यक ?

'हा जळालेला बल्ब टाकून देतोय दादा ?'

'दिवा जळालाय म्हणतोस, पण काय रे त्यात थोडा तरी दाब असेल की नाही ?'

'अं–म्हणजे–तसा असायला हवा !' चाचरत सूर्यकने उत्तर दिले.

'होय ना ! मग पाण्याने भरलेले हे उभट भांडे घे, एक मोजपट्टी घे आणि दिवा न फोडता मला त्यातील हवेचा दाब काढून दाखव !'

हा दाब शोधून काढायला सूर्यकला फारशी धडपड करावी लागली नाही. दाबविषयक सूत्रांचा मात्र त्याने अवलंब केला.

(२९) शिल्पा–यशोदा गोंधळल्या !

अशोकचंद्रजींना निसर्गदर्शनाची फार आवड असायची. विशेषत: 'आषाढस्य प्रथमदर्शने' पासून वर्षाऋतूतील प्रत्येक रविवारी ते सर्व कुटुंबियांना घेऊन भल्या पहाटे गोरेगावच्या आरे कॉलनीतील जंगलात ते फेरफटका मारीत असत. फिल्म-सिटीच्या परिसरात गाडी ठेवून वरच्या बाजूला असलेल्या सुग-रणीची घरटी (बायाबर्ड कॉलनी) पाहायची, नंतर जंगलातून भटकत भटकत तुळशी तलावापर्यंत मजल मारायची.

असेच एकदा ते सर्वजण तलावापाशी उभे असताना, त्यांच्यातील भौतिकशास्त्रज्ञ जागा झाला. त्यांची थोरली कन्या शिल्पा आता महाविद्यालयात विज्ञान विभागात शिकत होती व धाकटी यशोदा मॅट्रिकला बसणार होती. त्यांनी गाडीकडे जाऊन एक मीटरपट्टी आणली. बाबांनी मीटरपट्टी कशाकरिता आणली, याचे कुतूहल सर्वांना वाटले अशोकचंद्रजी दोन्ही कन्यांना उद्देशून म्हणाले,

हे पहा शिल्पा–यशोदा, हा दगड मी दूरवर पाण्यात फेकतो. तो साधारणपणे किती अंतरावर पाण्यात पडला त्या अंतराचा अंदाज ही मीटरपट्टी आणि तुमच्या हातातील सेकंद काटा अस-लेल्या घड्याळाच्या साहाय्याने तुम्ही काढायचा.

प्रथम शिल्पा आणि यशोदा गोंधळल्या पण नुकतेच कॉले-जमध्ये शिकविलेल्या ध्वनितरंगाच्या एका सूत्राची त्यांना आठ-वण झाली आणि त्यांनी ते अंतर शोधून काढले.

(३०) विद्याताईंना पडलेले कोडे

पृथ्वीमानव हा अनंतकोटी ब्रह्मांडात (विश्वात) राहात आहे. या विश्वात अनंत तारकामंडळे आहेत, त्यांपैकी आपले तारकामंडळ (आकाशगंगेय तारकामंडळ) हे एक आहे. या तारकाचे जे पाच घटक आहेत, त्यात सूर्यमाला हा एक घटक आहे. नवग्रह, ४० चे वर चंद्र, लघुग्रह, धूमकेतू, उल्का हे सर्व मिळून सूर्यमाला तयार होते.

या सूर्यमालेत पृथ्वीचे थोरले भावंड म्हणजे मंगळ व धाकटे भावंड म्हणजे शुक्र. या शुक्रग्रहावर वातावरण आहे, पण ते मिथेनसारख्या दाट वायूने भरले आहे. त्यामुळे शुक्र आकाशात सतत रात्रंदिवस पांढरे ढग असतात. शुक्रमानवाला पृथ्वीमानवासारखे रात्रीचे निरभ्र आकाश, त्यात चमकणाऱ्या तारका, पौर्णिमेचा चंद्र असे विलोभनीय दृश्य कधीच पहायला मिळत नाही.

पृथ्वी स्वत:च्या आसाभोवती फिरते आहे. हे स्वांगभ्रमण रात्रीच्या आकाशातील उगवणारे तारे, ग्रह यांच्याद्वारें समजू शकतें. पण शुक्रमानव शुक्राचे स्वांगभ्रमण कसे काय ओळखणार? विद्याताईंना पडलेले हे कोडे कसं सोडवायचे बरं !

□

भाग ३ रा

अप्रत्यक्ष प्रयोगाची सचित्र स्पष्टीकरणे

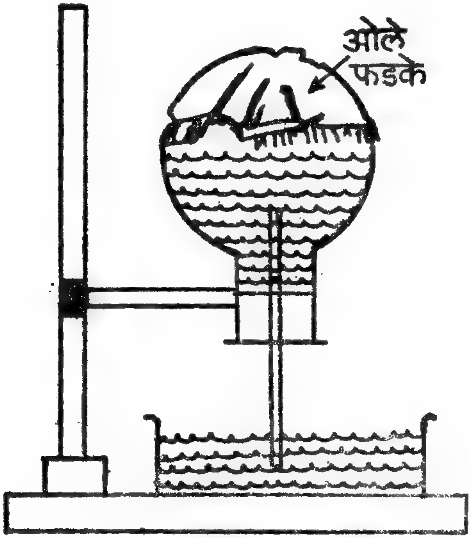
१. या कोडयात युक्तिवाद असा काही नाही. फक्त चुकीच अर्थ घेता कामा नये. भौतिकशास्त्राच्या नियमानुसार समुद्र-सपाटीपासून आपण जसजसे वातावरणात वरवर जातो तसा दाब कमी कमी होत जातो. या कमी दाबामुळे उकळत्या पाण्याचे तापमानही कमी होते. याच तत्त्वाचा उपयोग गिर्यारोहक आपण किती उंचीवर चढून आलो आहोत हे शोधण्याकरिता वापरतात. ही उंची झटपट काढायचे सूत्र म्हणजे 'दर १०० मीटर उंचीवर उकळत्या पाण्याचे तापमान $0{\cdot}3^{0}C$ इतके कमी होते' हे आहे.

समुद्रसपाटीला उकळत्या पाण्याचे तापमान $100^{0}C$
कळसूबाईच्या शिखराची उंची 1650 मीटर

$$\text{म्हणून } \frac{1650}{100} \times \frac{0{\cdot}3}{1} = 5^{\circ}C$$

यावरून कळसूबाईच्या शिखराबरील देवालयात पाणी किती तापमानाला उकळते याची नोंद करावयाची ते तापमान $95^{0}C$ येईल म्हणजे $5^{0}.c$ तापमान कमी किती उंचीमुळे झाले हे काढता येईल.

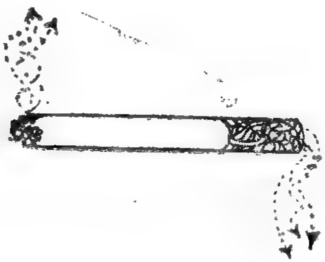
या संदर्भात दहावीच्या भौतिकशास्त्राच्या क्रमिक पुस्तकात ‘ उष्णता ’ या प्रकरणात सोबतच्या आकृतीत दाखविलेला एक उद्बोधक प्रयोग दिला आहे. उत्कलनबिंदू हा हवेच्या दाबावर कसा अवलंबून असतो हे या प्रयोगात दिग्दर्शित केले आहे.



(पृष्ठ ९७)

२ सिगारेट म्हणजे तंबाखू भरलेली कागदाची नळी. सिगारेट पेटविण्यापूर्वी आपण एका बाजूने सिगारेटला फुंकर मारली तर दुसऱ्या बाजूला त्या हवेचा स्पर्श जाणवतो. कारण सच्छिद्रता. त्यामुळे सिगारेट पेटविली असेल तर हवेबरोबर काही धूर दुसऱ्या टोकाकडून बाहेर पडतो.

आता दोन टोकांकडून बाहेर पडणारा धूर विरुद्ध दिशेने का जातो ? तर तापमानातील फरक. पेटलेल्या सिगारेटच्या टोकाचे तापमान, न पेटलेल्या सिगारेटच्या टोकापेक्षा कितीतरी जास्त असते. तापलेली हवा ही हलकी असल्यामुळे ती वर जाणे साहजिकच आहे व न पेटलेल्या बाजूकडील धुराचे तापमान त्या मानाने फार कमी असल्यामुळे धूर खाली जाताना दिसतो.



३. टॉवरची उंची काढण्याकरिता छायाचित्रातील त्याची उंची व पाया तंतोतंत असायला हवा. समजा, छायाचित्रात टॉवरची उंची १२० मिलिमीटर आहे व पाया २० मिलिमीटर आहे. प्रत्यक्ष टॉवरजवळ जाऊन त्याच्या पायाची लांबी मोजायची व समजा ती १५ मीटर भरली.

भूमितीच्या तत्त्वानुसार छायाचित्रातील उंची आणि पाया यांची ' प्रमाणें ' प्रत्यक्ष टॉवरची उंची व पायाची लांबी यांची

...४

'प्रमाणे' ही समप्रमाणात असायला हवीत म्हणून

$120 : 20 :: x : 15$ यावरून

$\frac{120}{20} = \frac{x}{15} \quad \therefore \; x = 90$ मीटर

वरील सूत्रे आणि संकल्पनांचा वापर करून पुढील दोन प्रायोगिक कोडी सोडविता येतात का ते पाहा.

(१) तुम्हाला अंतर्गोल आरसा, मीटरपट्टी व पांढरा कागद दिला आहे, तर राजाबाई टॉवरची उंची कशी काढाल ?

(टीप – विशालनाचे सूत्र वापरा.)

(२) तुम्हाला चंद्र–पृथ्वीचे अंतर, पौर्णिमेच्या चंद्राचे छायाचित्र दिले आहे. यावरून चंद्राचा व्यास कसा काढाल ? (त्रिकोण पद्धतीने अंतर कसे मोजतात त्याचा अभ्यास करा.)

४. पुढील दोन पद्धतींनी व्यास काढता येईल.

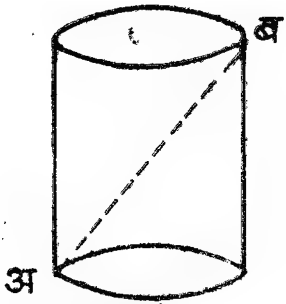
(१) फुटबॉल पाण्याने भिजवायचा आणि सपाट, कोरड्या जमिनीवरून एक फेरा होईल इतका घरंगळू द्यायचा. (एक फेरा केव्हा होतो त्याची व्यवस्थित नोंद घ्या.) जमिनीवर उमटलेली पाण्याची रेघ म्हणजे परिघाची लांबी. यावरून

परिघाची लांबी. = २ π × त्रिज्या

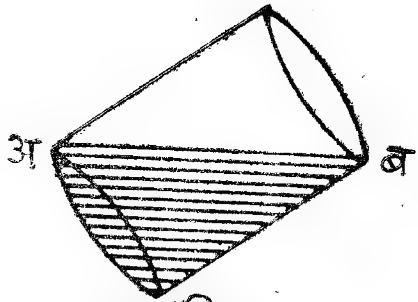
यावरून व्यास मिळेल.

(२) जर दोरा उपलब्ध असेल तर, बरोबर फुटबॉलच्या मध्यावरून (विषुववृत्तावरून) दोरा गुण्डाळला म्हणजे परिघाची लांबी मिळेल, त्याचा उपयोग वरील सूत्रात केल्यासही व्यास मिळेल.

५. ही समस्या सोडविण्यासाठी तुम्हाला दंडगोलीय आकृतीचे गुणधर्म माहीत हवेत.



आकृति १



आकृति २

कोणत्याही दंडगोलीय भांड्याचा आपण कर्ण काढू शकतो. आकृतीत तो 'अब' ने दाखविला आहे. हा कर्ण भांड्याचे दोन सारखे भाग करतो. हा गुणधर्म लक्षात ठेवावा.

तेव्हा एखादे दंडगोलीय चंचुपात्र रंगीत पाण्याने भरून घ्यावे. भरलेले पात्र हळूहळू मोकळे करावे. चंचुपात्राचा तळ दिसायला लागला की थांबायचे (आकृती २) म्हणजे झाले.

या संदर्भात प्रसादचे वडील त्याला वाचण्याकरिता कोणती नियतकालिके आणून देत असत, त्याची यादी पहा.

1. Competition Success Review–Delhi Publication
2. Junior Science Digest " "
3. Career and Competition Times " "
4. Science – Master " "

(५) मराठी विज्ञानपत्रिका

(६) भारतीय शिक्षण

६. ही समस्या अगदीच सोपी आहे. नेहमीच्या वापरातील तत्त्वाचा उपयोग केला आहे.

तराजूने मोकळ्या डब्याचे वस्तुमान काढणे = m^1 ग्रॅम
डबा पाण्याने भरून पुन्हा तराजूने वस्तुमान काढणे. m^2 ग्रॅम
यावरून पाण्याचे वस्तुमान ($= m_2 - m_1$) ग्राम

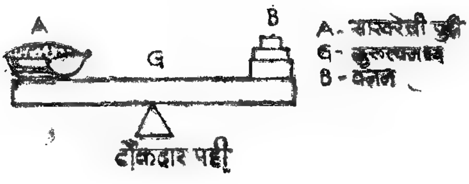
पाण्याची घनता = १ ग्रॅम/मिलिलिटर इतकी धरायची.

$$\therefore \text{घनता} = \frac{\text{वस्तुमान}}{\text{आकारमान}}$$

यावरुन

$$\text{आकारमान} = \frac{\text{वस्तुमान}}{\text{घनता}} = \frac{m_2 - m_1}{1}$$

(७) दिलेल्या आकृतीकडे सहज जरी नजर टाकली तरी सीसॉसारखे काहीतरी आहे असे लक्षात येईल. घूर्णनगती-वरील सिद्धांतावर हा प्रश्न आधारलेला आहे.



A = साखरेची पुडी

G = गुरुत्वमध्य

B = वजन

एका टोकदार पट्टीवर मीटरपट्टी अशी ठेवली आहे की, ती. समतोल राहील. या संतुलित अवस्थेत. G हा पट्टीचा गुरुत्वमध्य होईल. पट्टीच्या एका बाजूला साखरेची पुडी ठेवावी व दुसऱ्या बाजूला १०० gm-wt वजन अशा अंतरावर ठेवायचे की, पुन्हा संतुलन साधले पाहिजे. या संतुलित अवस्थेत आपण पुढील घूर्णनसिद्धांत मांडू शकतो.

पुडीचे वजन × पुडीचे G पासून अंतर = १०० ग्रॅम वेट-

वजन × वजनाचे G पासूनचे अंतर

$$\therefore \text{पुडीचे वजन} = \frac{१०० \times \text{वजनाचे G पासूनचे अंतर}}{\text{पुडीचे G पासूनचे अंतर}}$$

आकृतीत दाखवलेली आकृती ही एका मूलयंत्राची आहे. या मूलयंत्राचे नाव आहे ' तरफ, ही पहिल्या प्रकारची तरफ आहे ' कारण मध्यभागी टेकू आहे. तरफेचे तीन प्रकार आहेत. ते टेकुच्या तरफेतील स्थानावर अवलंबून असतात. आकृतीत हे तीनही प्रकार दाखविले आहेत.

८. मजूर फरशीच्या फटीत पहारीचे टोक घालतो. पहारी-खाली लहानसा दगड ठेवून पहारीचे हाताखालील टोक खाली दाबतो. त्याबरोबर फ़रशी निखळून वर उचलली जाते. ही पहार म्हणजेच एक मूलयंत्र ' तरफ ' होय.

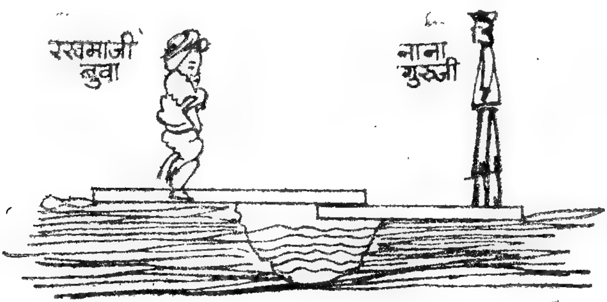
पहारीखालील दगड हा टेकू जे वजन उचलायचे ते टेकू-पासून पुष्कळ जवळ (भारभुजा कमी) आणि वजन उचलण्या-साठी उपयोगात आणलेले बल पुष्कळ दूर (बलभुजा मोठी)

प्रयुक्त केलेले असेल तर थोड्या श्रमांत मोठे वजन उचलले जाते. मूलयंत्रापासून मिळणारा यांत्रिक फायदा तो हाच होय

आर्किमिडीजने प्रथम या मूलयंत्र-संकल्पनांना विज्ञानाची बैठक दिली व विविध मूलयंत्रापासून कसा व किती यांत्रिक फायदा मिळतो हे दाखवून दिले. तो तर तरफेपासून मिळणाऱ्या यांत्रिक फायद्यावर इतका बेहद्द खूष झाला होता की, त्याने काढलेले उद्‌गार लक्षात ठेवण्यासारखे आहेत. ' जर तुम्ही मला पुरेशी लांब तरफ दिली आणि उभे राहायला स्थान दिले तर मी हा पृथ्वीगोल उचलून दाखवीन! '

नानागुरुजींनी याच तरफतत्त्वाचा वापर करून ओढा पार केला होता.

आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन फळ्या अशा ठेवल्या आहेत की एका बाजूच्या फळीवर नानागुरुजी उभे राहिल्यामुळे



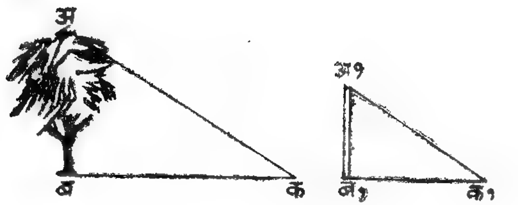
रखमाजीबुवांना ओढा पार करता आला. नतर रखमाजीबुवा फळीवर उभे राहिले, तर नानागुरुजींनी ओढा पार केला.

म्हणजेच तरफेच्या भुजांची लांबी वेगवेगळी असेल तर एका पहिलवानाला काटकुळा माणूस समतोलात ठेवू शकतो.

९. एका काठीची लांबी टपने मोजून ती उभी करायची. तिची सावली जमिनीवर $ब_1 क_1$ पडेल (आकृतीत $अ_1 ब_1$ ही काठी आहे.) नंतर झाडाची सावली बक मोजायची. यावरून अबक आणि $अ_1, ब_1, क_1$ हे त्रिकोण समरूप आहेत म्हणून

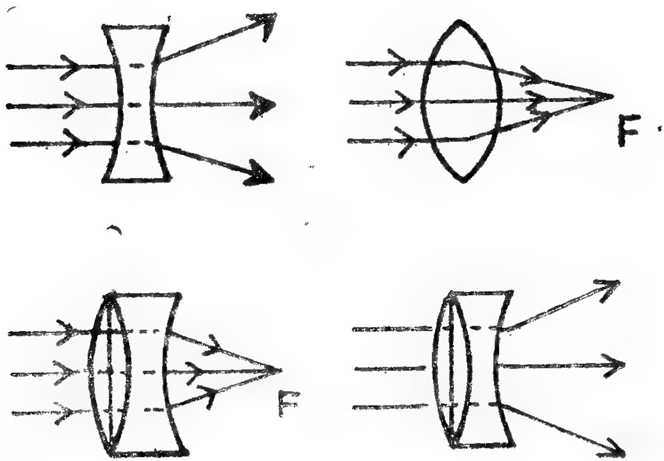
तेव्हा $\frac{अब}{बक} = \frac{अ_1ब_1}{ब_1क_1}$ त्यांच्या बाजू समप्रमाणात आहेत.

$$म्हणून\ अब = \frac{बक \times अ_1ब_1}{ब_1,क_1}$$



१०. प्रकाशकिरण हवा तसा वळवण्याकरिता आरसे, भिंगे, लोलक यांचा वापर करतात. आरसे प्रकाशाचे परिवर्तन करतात तर भिंगे व लोलक अपवर्तन करतात. अंतर्वक्र भिंग हे किरण

पसरविणारे–अपसारी आहे तर बहिर्वक्र हे किरण एकत्रित करणारे रेषा अभिसारी आहे.



कोणत्याही भिगाची क्षमता ही त्याच्या नाभिय अंतराच्या व्यस्त प्रमाणात असते म्हणून जेवढे लहान नाभीय अंतर तेवढी क्षमता जास्ती.

आता आपण सुकृतने कोणता प्रयोग करून कोडे सोडवले ते पाहू. सुकृतने पांढरा रंग दिलेल्या भितीपुढे दिवा ठेवला व त्याचा प्रकाश भिंगातून जाऊन भितीवर पाडला. अंतर्वक्र भिगाने भितीवर कोणतीच प्रतिमा पाडली नाही. मात्र बहिर्वक्र भिंगाने दिव्यातील प्रकाशमान तंतूंची प्रतिमा भितीवर पडली.

नंतर सुक्रतने दोन्ही भिगे एकत्र करून भितीवर प्रतिमा पडते का ते पाहिले. तेव्हा त्याला प्रकाशमान तंतूंची प्रतिमा भितीवर पडलेली आढळली. याचा अर्थ दोन भिगे मिळून अभिसारी जोडी तयार झाली होती. याचाच अर्थ बहिर्वक्र भिगाचे नाभिय अंतर कमी (क्षमता जास्ती) तर अंतर्वक्र भिगाचें नाभिय अंतर जास्त (क्षमता कमी) होते.

११. आता घरोघरी वीज आलेली आहे. प्रत्येक घरात जी वीज पुरवली जाते ती त्या त्या घराच्या मुख्य फलकाव्दारे. हा फलक दरवाजापाशी असतो. मोठ्या इमारतीत तळमजल्यावर प्रत्येक घराचे वेगवेगळे फलकाशेजारी शेजारी ठेवलले असतात. या फलकावर तीन साधनांचा प्रामुख्याने समावेश केला जातो. एक असतो हाऊसमीटर किंवा शास्त्रीय भाषेत सांगायचे तर किलो वॅट अवर मीटर (Kwtt). तुम्ही दर महिन्यात किती वीज वापरली त्याची नोंद या मीटरवर होते. वीज वापरणे म्हणजे वीज ऊर्जा खर्च करणे. ही वीजऊर्जा मोजतात ' किलोवॅट अवर' या एककाने, व हाऊसमीटरवरून आपण किती युनीट खर्च केले ते वाचू शकतो.

दुसरे साधन म्हणजे ' वितळणतार (फ्यूज). अपघातापासून बचाव करणारी ही तार वितळते व परिपथ तुटतो व तिसरे साधन म्हणजे कळ-स्वीच. वीजधारा जाऊ देणारी किंवा थांबणारी कळ.

यावरून एक सूत्र मिळते.

बीजऊर्जा = बीजशक्ती × काल यांचा गुणाकार असल्यामुळे

$$\text{काल} = \frac{\text{बीजऊर्जा}}{\text{बीजशक्ती}}$$

तेव्हा आयरीनबाईंनी रसेल जेव्हा बाहेर पडला त्यावेळी 60 वॅट बीजशक्ती असलेला दिवा लावला व हाऊस-मीटरवरील तबकडीतील युनिटचे वाचन केले. रसेल परत आल्या-वर पुन्हा वाचन करून 60 वॅट दिव्याने किती बीजऊर्जा खर्च केली ते वाचून वरील सूत्राचा अवलंब केला. प्रत्यक्ष वाचन केलेले आकडे

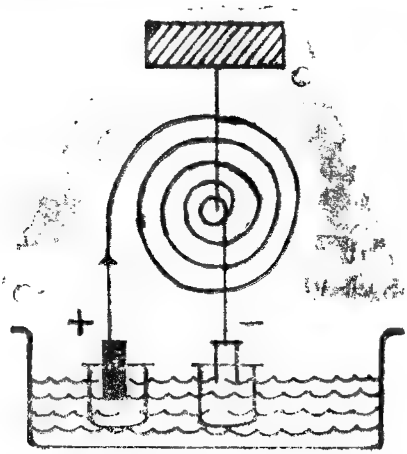
$$\text{काल} = \frac{२०}{६०} = \frac{१}{३} \text{ तास} = २० \text{ मिनिट.}$$

१२. या प्रयोगात युक्तिवाद असा काहीच नाही. काळजी-पूर्वक कोणती गृहीते दिली आहेत त्यासंबंधी विचार केला म्हणजे झाले.

पाण्याच्या पेल्यात अमोनियम क्लोराइडची भुकटी करून द्रावण करायचे. एका बुचात तांब्याची तार तर दुसऱ्या बुचात जस्ताची पट्टी खुपसून त्या पेल्यात तरंगती बीजाग्रे बनवायची म्हणजे विजेरी तयार झाली.

उरलेल्या तांब्याच्या तारेचे वेटोळे असे बनवायचे की त्यातून विजेरीतून येणारी बीजधारा वाहू शकेल. हे जर वेटोळे टांगून ठेवले तर ओर्स्टेडच्या नियमाप्रमाणे त्याभोवती कर्षकीय क्षेत्र निर्माण होईल. आणि हे तारेचे वेटोळे एक मुक्त टांगलेला कर्षक बनेल.

व तो पृथ्वीकर्षूकाच्या दक्षिणोत्तर दिशेवर स्थिर होईल. हीच ती पृथ्वीकर्षूकाची पातळी.



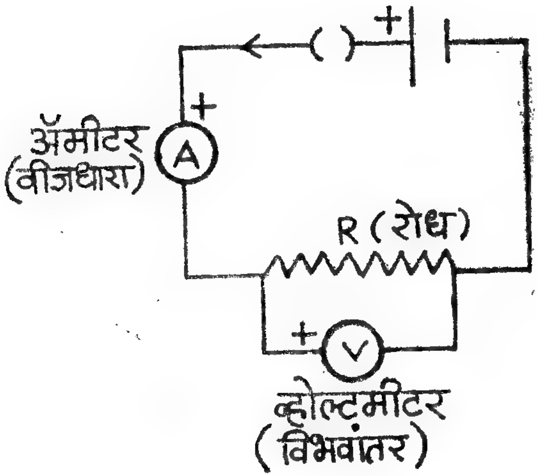
१३. विजेच्या परिपथाचा अभ्यास करताना एका महत्त्वाच्या नियमाचा आणि त्यातील सूत्राचा सतत उपयोग करावा लागतो. 'ओहमचा नियम' हे त्याचे नाव आहे. या नियमानुसार तारेतील रोध हा विभनांतर/वीजधारा या सूत्राने काढता येतो.

तारेतील रोध तारेच्या भौतिक परिस्थितीवर अवलंबून असतो. ही परिस्थिती म्हणजे तापमान स्थिर असणे. पण जर तारेचे तापमान बदलणार असेल तर रोध पुढील सूत्रानुसार बदलतो.

$$Rt = Ro\ (1 + \alpha t)$$

या ठिकाणी Rt हा t या तापमानाला असणारा तारेचा रोध आहे तर Ro हा शून्य अंश तापमानाला असणारा रोध आहे. α हा स्थिरांक असून त्याचे मूल्य प्रतिअंश सेल्सियस तापमानाला

0.0043 इतके असते. वरील सूत्रानुसार आपल्याला तापमानाचेत सूत्र $t = \frac{Rt - Ro}{Ro\,\alpha}$ मिळते.



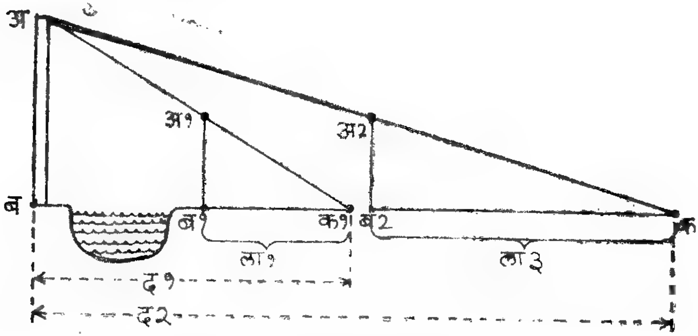
सोबतच्या आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे विजेचा परिपथ जोडायचा व खोलीच्या तापमानाला $Rt = \frac{\text{विभवांतर}}{\text{वीजधारा}}$ हा रोध काढायचा नंतर बाहेरून बर्फ आणायचा आणि रोधतार त्यात ठेवून तारेचे शून्य तापमान असताना रोध $Ro = \frac{\text{विभवांतर}}{\text{वीजधारा}}$ हा रोध काढायचा.

वरील दोन सूत्रांतील मूल्यावरून

तापमान $= \frac{Rt - Ro}{Ro\,\alpha}$ या सूत्रात गोवून

तापमान काढायचे.

समजा, नदीपलीकडील खांब अब, आहे. अब ही उंची आपल्याला शोधायची आहे. भूमितीच्या तत्त्वानुसार $क_1$ आणि $क_2$ या दोन ठिकाणावरून अब हा खांब बघायचा, $क_1$ $क_2$ हे अंतर आपण मोजू शकतो.



अबक, आणि अ, ब, क, हे त्रिकोण

यावरून $\frac{अ ब}{अ_1 ब_2} = \frac{ब क_1}{ब_1 क_1} \therefore ब क_1 = \frac{अब \times ब_1 क_1}{अ_1 ब_1}$ — (१)

तसेंच $अबक_2$ आणि $अ_2$ $ब_2$ $क_2$ हे त्रिकोणही

$$\frac{अब}{अ_2 ब_2} = \frac{बक_2}{ब_2 क_2} \quad \therefore \quad बक_2 = \frac{अब \times ब_2 क_2}{अ_2 ब_2} \quad (२)$$

जर $अ_1 ब_1$ आणि $अ_2$ $ब_2$ हे समान मानले तर (१) आणि (२) वरून

$बक_2 - बक_1 = \frac{अब}{अ_1 ब_1} (ब_2 क_2 - ब_1 क_1)$ आपल्याला मिळते.

$अब = \left(\frac{बक_2 - बक_1}{ब_2 क_2 ब_2 क_2} \right) अ_1 ब_1$ (३) यावरून उंची मिळते.

तसेच (२) ने (१) भागल्यास

$$\frac{बक_1}{बक_2} = \frac{ब_1 क_1}{ब_2 क_2} \text{ किंवा } \frac{बक_1}{बक_2 - ब क_1} = \frac{ब_1 क_1}{ब_2 क_2 - ब_1 क_1}$$

$$\therefore \frac{बक_1}{बक_2} = \frac{ब_2 क - बक}{ब क_2 - ब_1 क_1} \times ब_1 क_1$$ (४) यावरून अंतर मिळते.

वरील सूत्राचे विवेचन खाली इंग्लिशमध्ये दिले आहे.

जर H = height AB, h = height $A_1 B_1$ = height $A_2 B_2$

S_1 = distance BC_1, S_2 = distance BC_2

$L_1 = B_1 C_1$, $l_2 = B_2 C_2$

यावरून From triangles ABC and $A_1 B_1 C_1$

$$\frac{H}{h} = \frac{S_1}{l_2} \quad \therefore \quad S_2 = \frac{H}{h} l_1 \qquad (1)$$

From triangles ABC_2, $A_2 B_2 C_2$

$$\frac{H}{h} = \frac{S_2}{l_2} \quad \therefore \quad S_2 = \frac{H}{h} l_2 \qquad (2)$$

$$(S_2 - S_1) = \frac{H}{h} (l_2 - l_1) \quad \therefore \quad H = \frac{(S_2 - S_1)}{(l_2 - l_1)} \times h \qquad (3)$$

Dividing 1 & 2

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{l_1}{l_2}$$ by dividend o

$$\frac{S_1}{S_2 - S_1} = \frac{l_1}{l_2 - l_1} \quad \therefore \quad S_1 = \frac{(S_1 - S_2)}{(l_1 - l_2)} \times l_1 - (4)$$

Eguations (3) & (4) give the desired values.

न्यूटनने जे तीन गतिनियम मांडले आहेत त्यांतील तिसरा नियम क्रिया – प्रतिक्रियावर आहे. यातूनच ' महत्त्वाचे तत्त्व ' ' संवेगाच अक्षयत्व ' तयार झालेले आहे. रोजच्या व्यवहारात क्रिया-प्रतिक्रिया किंवा संवेगाच्या अक्षयत्वाचा आपण सतत वापर करीत असतो. रबरी फुगा घेऊन त्यात हवा भरावी व नंतर फुग्याचे तोंड हातात धरावे. एकदम फुग्याचे तोंड मोकळे केले तर फुगा हवेत वेडावाकडा तरंगत जातो, तो या क्रिया-प्रतिक्रिया नियमानुसारच !

मानससरोवरातील मोहिमेतील सर्वांनी दीपकला वाचविण्याकरिता याच तत्त्वाचा वापर केला. सर्वांनी मोठमोठे दगड गोळा करून (सुदैवाने दगड तेथे होते) दीपकच्या दिशेने जोरजोरात फेकायला प्रारंभ केला. दीपकपर्यंत बरेचसे दगड पोहोचल्याबर त्याने एक एक दगड हातात घेऊन आम्ही सर्व जेथे उभे होतो त्याच्या विरुध्द दिशेला दगड फेकायला सुरुवात केली. या त्याच्या क्रियेमुळे प्रतिक्रिया निर्माण होऊन दीपक आमच्या दिशेनें बर्फाळ सरोवरातून सरकू लागला व त्या गुळगुळीत पृष्ठभागातून महाप्रयासाने बाहेर पडला.

वरील तऱ्हेची परिस्थिती अंतराळवीरांना नेहमीच अनुभवावी लागते. समजा अंतराळवीर राकेश शर्मा काही संशोधनाकरिता बालचन्द्रातून बाहेर पडला आहे. परत त्याने बालचन्द्रापर्यंत कसे पोहोचयाचे. चालायला जमीन नाही, तेव्हा ही अवकाशचाल (स्पेसवॉक) कसे शक्य होईल ?

त्याकरिता प्रत्येक अंतराळवीराला एड जड वस्तू घेऊनच बाहेर पडावे लागते व परत येण्यापूर्वी ती वस्तू बालचन्द्राच्या बरोबर विरुद्ध दिशेला जोरात फेकायची म्हणजे झाले. पुढील वेगाने तो बालचन्द्रापर्यंत पोहोचेल.

$V = \frac{M}{m} v$ M राकेश शर्मांचे वस्तुमान

m = जड वस्तूचे वस्तुमान

v = जड वस्तू फेकल्याचा वेग.

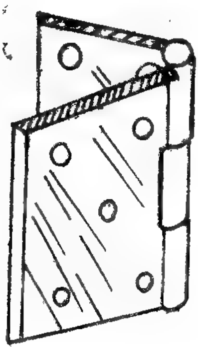
१६. हॉलचे घनफळ काढायचे म्हणजे लांबी × रुंदी × उंची यांचा गुणाकार करणे. पण हे मोजण्याकरिता मोजपट्टी दिलेली नाही, तर (१) दोऱ्याचा रीळ (२) सेकंद काट्याचे घड्याळ आणि (३) वजन. वजनाचा आंदोलक करायचा, रिळातून हव्या त्या लांबीचा दोरा घ्यायचा आणि घड्याळाने कालमापन करायचे. आंदोलकाच्या सूत्रानुसार

$$\text{आंदोलनकाल} = २\pi\sqrt{\frac{\text{आंदोलकाची लांबी}}{\text{गुरुत्वत्वरण}}}$$ g चे मूल्य $1om/sec_2$ घ्यायचे

प्रयोग करताना हॉलच्या उंचीइतकी साधारण लांबी असलेला दोरा घेऊन आंदोलनकाल काढायचा.

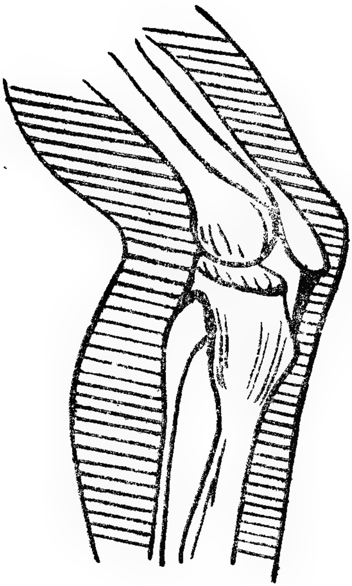
वरील सूत्रानुसार $\text{आंदोलकाची लांबी} = \frac{\text{गुरुत्वत्वरण} \times (\text{आंदोलनकाल}^२)}{4\pi^२}$

१७. याच पद्धतीने लांबी आणि रुंदी काढता येईल.



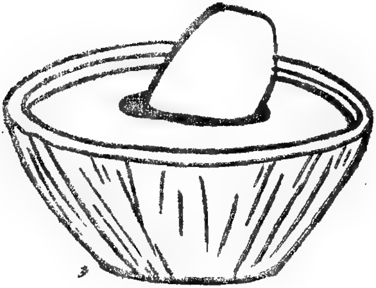
चलसांध्यांच्या एकूण चार प्रकारांचा आपल्या शरीर-यंत्रात समावेश केलेला

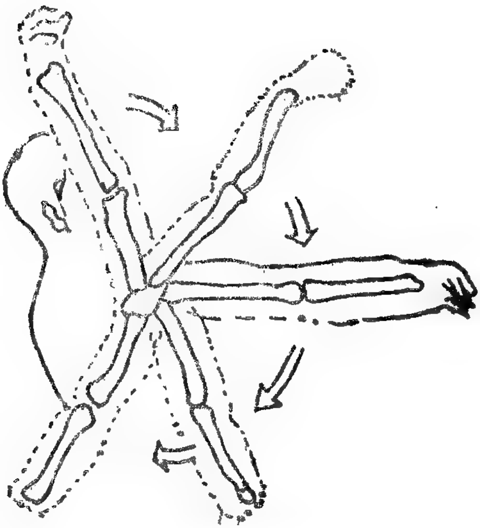
आहे. त्यापैकी तीन आकृतीने दाखविले आहेत.



प्रकार पहिला

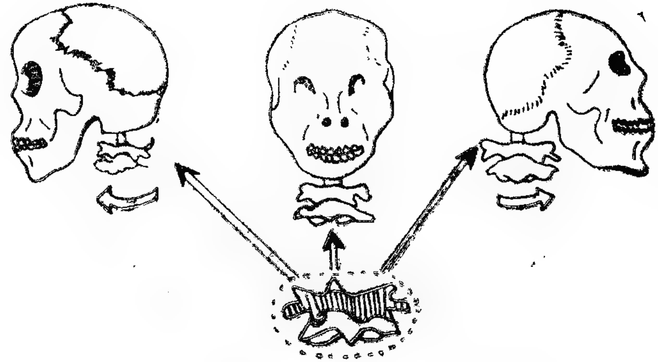
गुडघ्यातील दोन हाडांचा सांधा. हा जसा दरवाजा फक्त बिजागऱ्यांजवळच फिरू शकतो, तसे हाडे फक्त सांध्याजवळच फिरतात.





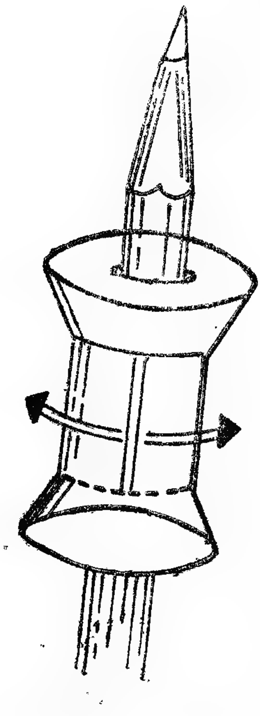
प्रकार दुसरा

उखळीचा सांधा, सांध्याभोवती होणारी हाताची हालचाल इडलीचे पीठ वाटण्याच्या रगड्यासारखी हालचाल असते.



प्रकार तिसरा

खिळीचा सांधा. मानेभोवती होणारी डोक्याची हालचाल पेन्सिल व रीळ यांनी दाखविता येते.



प्रकार चौथा

टॉर्चचा दिवा लावण्यासाठी पुढेमागे करायचा एक चाप असतो.त्याची फक्त थोडीशीच हालचाल होऊ शकते. मनगट घोटा यांच्यातील सात, आठ जी छोटी छोटी हाडे असतात, त्यांची हाल-चाल अशी लहान प्रमाणात होत असते यांना सरकते सांधे असे म्हणतात. आपल्या पंजाची-मनगटाजवळ कशी हालचाल होते हे लक्ष देऊन पहा. ह्या हालचालीचे निरीक्षण करण्यासाठी मूठ मिटून ठेवावी म्हणजे झाले.

(१८) या समस्येत युक्तिवाद असा काहीच नाही. पिस्तुल जमिनिशी समांतर ठेवून गोळी झाडायची. ती समजा S अंतरावर गेली. नंतर पिस्तुलातून जमिनीपासून h उंचीवरून गोळी झाडायची, तर गोळी सू सू करीत t सेकंदात विशिष्ट अंतरावर जाईल, हा t सेकंदाचा कालावधी

$$h = ut + \frac{1}{2} gt^2$$

$$h = o \times t + \frac{1}{2} gt^2$$

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ मिळतो. (1)

प्रथम S अंतर आक्रमायला

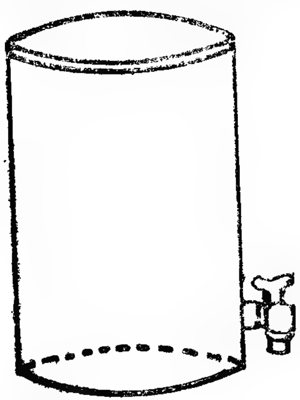
S = वेग × काल हे सूत्र वापरले

= v × t – (2)

सूत्रे (1) आणि (2) यांच्यातून

$$V = \frac{S}{t} = \frac{S}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = S \sqrt{\frac{g}{2h}}$$

(१९) (१) प्रथम टाकीचे आकारमान काढणे.



टाकीची उंची आणि व्यास ही व्हर्निअर कॅलीपरच्या

साहाय्याने मोजायचा (कैवारावरील मुख्य श्रेणी सेंटिमीटरमध्ये असते.)

$$\text{आकारमान} = \frac{\pi \ (\text{व्यास})^2 \ \times \text{उंची}}{4}$$

(२) सेंटर सेकंद घड्याळाचा उपयोग करून हे सर्व पाणी तोटीतून वाहाण्यासाठी किती कालावधी लागतो हे काढणे.

यावरून प्रतिसेकंदाला तोटीतून वाहणारे पाणी

$$= \frac{\text{पाण्याचे आकारमान}}{\text{काल}} = \pi \frac{(\text{व})^2}{4} \times \frac{\text{उंची}}{\text{काल}} \quad (1)$$

हे प्रतिसेकंदाला तोटीतून पडणारे पाणी विशिष्ट वेगाने तोटीचा ठराविक काटछेदातून बाहेर पडते. त्यामुळे पाणी बाहेर पडण्याचा वेग × तोटीच्या काटछेदाचे क्षेत्रफळ यांच्या गुणाकाराने ते व्यक्त करता येईल. जर तोटीचा व्यास व_2 असेल तर

$$\begin{matrix}\text{प्रतिसेकंदाला तोटीतून} \\ \text{बाहेर पडणारे पाणी}\end{matrix} = \frac{\pi \ \text{व}_2^{\,2}}{4} \times \text{वेग} \qquad (2)$$

सूत्र (१) आणि (२) समान आहेत.

प्रतिसेकंदाला तोटीतून बाहेर पडणारे पाणी

$$= \frac{\pi \text{व}_1^2}{4} \times \frac{\text{उंची}}{\text{काल}} = \frac{\pi \text{व}_2^2}{4} \times \text{वेग}$$

$$\text{वेग} = \left(\frac{\text{व}_1}{\text{व}_2}\right)^2 \times \frac{\text{उंची}}{\text{काल}}$$

वरील सूत्राचे विवेचन इंग्लिशमध्ये खाली दिले आहे.

we measure the height h and diameter d_1 of the vessel with a vernier and calculate the volume by

$$V = \frac{\pi d_1^2}{4} \times h$$

By using a stop watch measure the time ' t ' for the out flowing water to fill the jar. Then the quantity Q of water, which flows out per unit time

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi d_1^2}{4} \times \frac{h}{t} \qquad (1)$$

the water flowing per unit time Q can be expressed as unknoun out flow velocity v and the area of the cross-section A of the top.

$$Q = Av = \frac{\pi\, d_2^{\,2}}{4} \times v \quad (2)$$

Where d_2 = diameter of the tap which can be measured

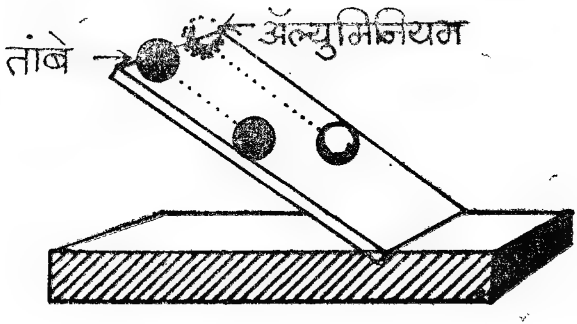
Equating (1) and (2)

$$\frac{\pi d_1^{\,3}}{4} \times \frac{h}{t} = \frac{\pi\, d_2^{\,2}}{4} \times v$$

$$v = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \times \frac{h}{t}$$

---

(२०)



हे कोडे सुटण्याकरिता तुम्हाला घुर्णनगतीचा अधिक सखोल अभ्यास करायला हवा. स्थानांतरण गतीमध्ये बल

ही महत्वाची भौतिक राशी आहे. किती स्थानांतर होणार हे बलाच्या परिणामावरच फक्त अवलंबून असते.

घुर्णन गतीचे तसे नाही. ही गती प्रथमतः एका अक्षाभोवती होत असते व ती कमी की जास्ती हे बल × बल ज्या बिंदूवर प्रयुक्त केले आहे त्या बिंदूचे अक्षापासूनचे लंबान्तर या गुणाकारावर अवलंबून असते. या गुणाकाराला जडत्व आघुर्ण म्हणतात.

तेव्हा जर तांब्याचा आणि ॲल्युमिनियमचा असे दोन गोलक एका उतरणीवरुन घरंगळू दिले तर त्यांच्या केन्द्राची गती स्थानांतरणीय व गोलकांची घुर्णन अशी दुहेरी असते. त्यांचे घरंगळत असताना होणारें त्वरण हे त्यांच्या वस्तुमानावरच अवलंबून नसते तर ते त्यांच्या जडत्व आघुर्णावर अवलंबून असतें. तांब्याचे हे जडत्व आघुर्ण जास्ती असते म्हणून तो मागे रहातो. हे जडत्व आघुर्ण गोलकातील वस्तुमानकण अक्षापासून कसें बिखुरले आहेत यावरही अवलंबून असल्याने तांब्याचा गोलक मागे रहातो.

---

(२१) हौदाचे आकारमान (6×5×3) आहे. म्हणजे किती पाण्याचा साठा हौदात होऊ शकते हे दिलेले आहे.

मोजपट्टीने होजपाईपचा व्यास मोजल्यावर त्याच्या काट-

छेदाचे क्षेत्रफळ $\frac{\pi \times (\text{व्यास})^2}{4}$ मिळते.

होजपाईपचे तोंड वर करुन तो हळूहळू उंच उभा करा. इतक्या उंचीपर्यंत न्या की पाणी जेमतेम बाहेर पडू शकेल. ही उंची मोजा. याबरुन पाण्याचा वेग काढता येईल. त्याकरिता मात्र एकसमान त्वरणाचे सूत्र वापरावे लागेल.

$$\text{पाण्याचा वेग} = \sqrt{\text{२} \times \text{गुरुत्वत्वरण} \times \text{उंची}}$$
$$= \sqrt{2g \times \text{उंची}}$$

$$v^2 = u^2 + 2gh$$
$$= 0 + 2gh$$
$$\therefore v = \sqrt{2gh}$$

जर आपण पाण्याचा वेग आणि काटछेदाचे क्षेत्रफळ यांचा गुणाकार केला तर प्रतिसेकंदाला किती पाणी बाहेर पडते हे मिळेल.

$$= \text{पाण्याचा वेग} \times \text{काटछेदाचे क्षेत्रफळ}$$

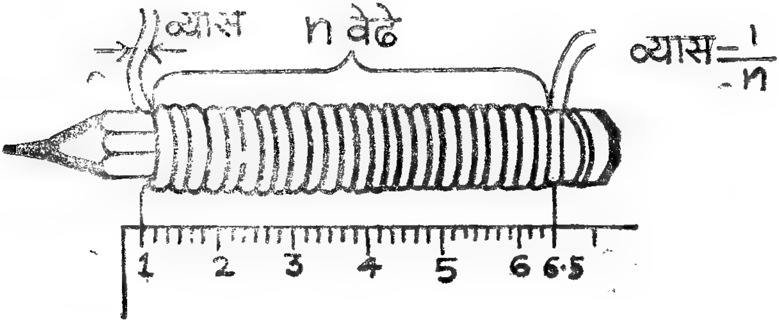
$$= \left(\sqrt{2g \times \text{उंची}}\right) \times \frac{\pi \; (\text{व्यास})^2}{4}$$

$$\text{मावरून पाणी भरण्याकरिता लागणारा काल} = \frac{\text{आकारमान}}{\text{प्रतिसेकंदाला बाहेर पडणारे पाणी}}$$

$$= \frac{\text{आकारमान}}{\frac{\pi\,(\text{व्यास})^2}{4} \times \sqrt{2g \times \text{उंची}}} = \frac{4\ \text{आकारमान}}{\pi\,(\text{व्यास})^2 \times \sqrt{2g \times \text{उंची}}}$$

$$= \frac{0{\cdot}9 \times \text{आकारमान}}{(\text{व्यास})^2 \times \left(\sqrt{g \times \text{उंची}}\right)}$$

(२२)



शाळेमध्ये जी आलेख वही आपण वापरतो, ती चौरस सेंटिमीटर मध्ये असते. म्हणून आलेखातील पानाचा मोजपट्टी-करिता उपयोग करायचा.

एका पेन्सिलीभोवती दिलेली एनमलचे वेष्टन असलेली

तांब्याची तार गुंडाळायची. वेढे देताना ते घट्ट आणि अगदी जवळ जवळ येतील अशी काळजी घ्यायची या तारेचे वेढे इतके द्यायचे की, वेटोळयाची लांबी आलेखातील चौरसाच्या पूर्ण अंकाइतकी व्हावी. (कारण अर्धा, पाव चौरसाचे वाचन करता येणार नाही) वेढे पुष्कळच हवेत म्हणजे उत्तरामधील चूक कमी होईल.

तारेची लांबी दिलेली आहे. यावरुन पुढच्या सूत्राचा उपयोग करता येईल.

$$\text{तारेचा व्यास} = \frac{\text{तारेची लांबी}}{\text{तारेचे वेढे}}$$

---

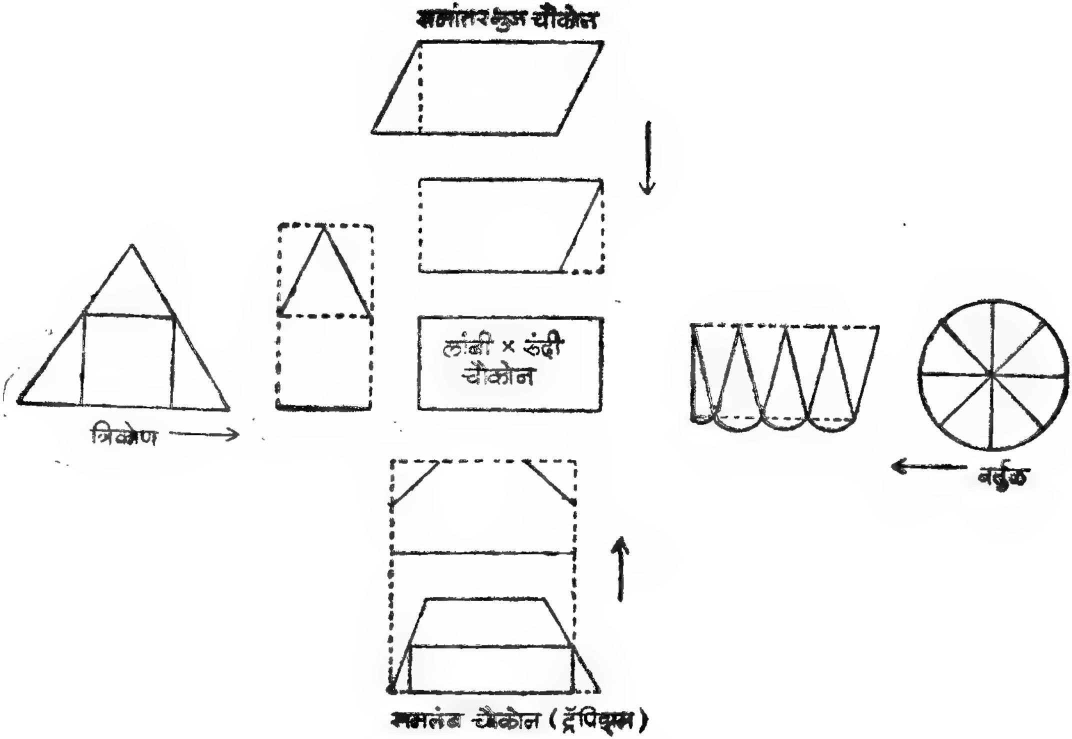
(२३)

स्नानगृहात आर्किमिडीजला स्वतःच्या आकारमानाइतके पाणी टबमधून बाहेर पडते याची प्रचिती आली. त्यातून त्याला राजाचा मुकूट शंभर टक्के सोन्याचा आहे का नाही हे शोधण्याची युक्ति त्याच्या लक्षात आली. म्हणून तो युरेका ! युरेका ! मला सापडले, मला सापडले ! असे म्हणत स्नानगृहातून बाहेर पडला. प्रत्येक पदार्थ द्रवात बुडविला किंवा तरंगत असला तर तो स्वतःच्या आकारमानाइतके द्रव बाजूला सारतो हे कावळे महाशयांनी तहान भागविण्याकरिता भांड्यात दगड टाकले होते या कृतीतूनच शोधले गेले होते.

आता हेमंतानी हे कावळे महाशयांचे तत्व कसें वापरले ते पाहू. 1) तरंगत्या चेंडूमुळे चौकोनी टाकीत पाण्याची पातळी कुठंपर्यंत आहे तिथे खूण करायची. नंतर चेंडू हलकेच काढून घेतल्यावर त्या लहानशा टाकीतील पाण्याची पातळी किती कमी झाली हे मोजपट्टीने व्यवस्थित मोजायचे. 2) चौकोनी टाकीची लांबी, रुंदी मोजून क्षेत्रफळ काढायचे. 3) आकारमान = क्षेत्रफळ × कमी झालेली पातळी या सूत्राचा वापर करायचा. 4) पाण्याची घनता 1 gm/ml असल्यामुळे वस्तुमान = आकारमान हे समीकरण मिळतं. 5) तरंगणारा पदार्थ स्वतःच्या वजनाइतके पाणी बाजूला सारतो म्हणून वाचन 4 मधील वस्तुमान हेच चेंडूचे वस्तुमान होय.

आता ह्याच तत्वाचा वापर करुन आपण आणखी एक प्रायोगिक कोडे सोडवू. तुम्हाला मोजपात्र, पाणी भरलेले चंचु-पात्र आणि विणण्याची सुई दिली आहे तर एखाद्या बुचाची घनता तुम्ही कशी काढू शकाल ?

बुचाचे वस्तुमान तुम्ही वरील पद्धतीने काढायचे. नंतर मोजपात्रात विशिष्ट पातळीपर्यंत पाणी भरून बूच त्यात टाका-यचे, पातळी वाढेल. नंतर विणण्याच्या सुईने बूच पाण्यात पूर्ण बुडवायचे, पातळी वाढेल, यातून बुचाचे आकारमान मिळेल. वस्तुमान व आकारमानाचे गुणोत्तर म्हणजेच घनता.


समांतरभुज चौकोन
लांबी × रुंदी
चौकोन
त्रिकोण
वर्तुळ
समलंब चौकोन (ट्रॅपिझम)

(२५) आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे नळी उभी असून तिचे उघडे टोक वर आहे. अशा स्थितीत नळीतील हवेचा दाब पुढीलप्रमाणे व्यक्त करता येईल.

P_1 = वातावरणाचा दाब + पाऱ्याच्या स्तंभाने दर्शविलेला दाब.

P_1 = Po + पाऱ्याचा स्तंभ × पाऱ्याची घनता × गुरुत्वत्वरण या दाबामुळे हवा आकुंचन पावते व तिचे आकारमान पुढीलप्रमाणे होते.

आकारमान = हवेचा स्तंभ h × नळीच्या काटछेदाचे क्षेत्रफळ L_1A.

जर नळी उलटी केली, तोंड खाली केले तर हवेचा दाब पुढील प्रमाणे होईल.

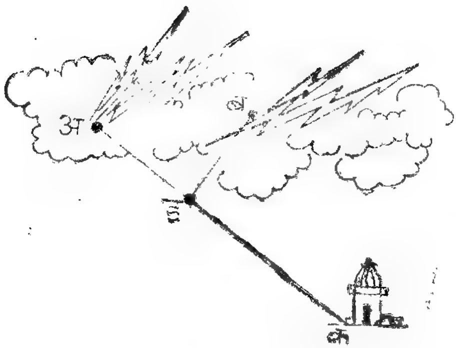


P_2 = वातावरणाचा दाब Po − [स्तंभ × घनता × गुत्वत्वरण] आणि दाबामुळे आकारमान = हवेचा स्तंभ × काटछेदाचे क्षत्रफळ L_2A बॉईलच्या नियमाप्रमाणे (दाब × आकारमान) स्थिर असते.

$$\therefore (Po + dgh)\, L_1A = (Po - dgh)\, L_2A$$

$$\therefore Po = dgh \left(\frac{L_2 + L_1}{L_2 - L_1} \right)$$

(२६) समजा देवीचे देऊळ क येथे आहे. व तेथून सतीश चमकणाऱ्या वीजांचा कडकडाट ऐकतो आहे. त्याला प्रथम ब या ठिकाणाहून वीजशलाका कडाडताना दिसली, नंतर अ या ठिकाणाहून वीजशलाका कडाडताना दिसली असे समजू.



या कालावधीतील फरक अड या जास्तीच्या अंतरामुळे आहे हे आकृतीवरून दिसून येते.

समजा सतीश अशा ठिकाणी उभा आहे की अ, ब आणि क हे जवळ जवळ एकाच रेषेत आहेत तर अड आणि अब जवळ जवळ सारखे होतील. ध्वनीचा वेग प्रतिसेकंदाला ३३० मीटर धरला व सतीशने घड्याळाने कालावधी मोजला तर वीजशलाका अडची लांबी = ३३० × कालावधी एवढी येईल.

(२७)

प्रथम जीवक आणि संहिताने एकाच उंचीवरून क्षितीज समांतर चेंडू फेकायचे. जेथे चेंडू पडतील ती अंतरे $अ_1$ (जीवकचे) $अ_2$ (संहिताचे) मोजायचे. त्यानंतर

अंतर = वेग × काल हे सूत्र वापरायचे असेल तर काल माहिती हवा, पण घडयाळ दिले नाही म्हणून एकसमान त्वरण गतीचे सूत्र

अंतर = प्रथमवेग × काळ + $\frac{1}{2}$ गुरुत्वत्वरण × $(काल)^2$ वापरायचे. यात प्रथमवेग शून्य असल्याने सूत्र

$$उंची = \frac{1}{2} \text{ गुरुत्वत्वरण } g \times (काल)^2$$

$$\therefore \frac{2 \times उंची}{g} = (काल)^2 \quad \therefore काल = \sqrt{\frac{2 \times उंची}{g}}$$ हे सूत्र मिळते

दोघांनी एकाच उंचीवरून चेंडू फेकले

यावरून जीवकचे अंतर $अ_1$ = वेग × काल

$$= वेग \times \sqrt{\frac{२ अ}{g}} = वे_1 \sqrt{\frac{२ अ}{g}}$$

$$\text{संहिताचे अंतर } अ_2 = वेग \times काल = वेग \times \sqrt{\frac{२ अ}{g}} = वे_2 \sqrt{\frac{२ अ}{g}}$$

वरील दोन सूत्रांचा भागाकार

$$\frac{अ_1}{अ_2} = \frac{वे_1 \sqrt{\frac{२ उंची}{g}}}{वे_2 \left(\frac{२ उंची}{g}\right)} = \frac{वे_1}{वे_2}$$

आपल्याला अ१ आणि अ२ माहिती आहेत. त्यावरून वेगाचे गुणोत्तर मिळते. जर त्यांनी वेगवेगळ्या उंचीवरून चेंडू फेकले

तर $\frac{\text{वे}_1}{\text{वे}_2} = \frac{\text{अ}_1}{\text{अ}_2}\sqrt{\frac{\text{उंची}_1}{\text{उंची}_2}}$ या सूत्राचा वापर करता येईल

वरील सूत्राचे विवेचन खाली इंग्लीशमध्ये दिले आहे.

we measure the distances S_1 & S_2 by measuring tape Then distance = speed × time

To find time without using a watch, we use the 2nd equation of uniformly accelerated motion

$h = ut + \frac{1}{2}gt^2$ As u = initial velocity = o

$h = \frac{1}{2}gt^2$

$\therefore t^2 = \frac{2h}{g}$ or $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

∴ Let distance for Jeevak = sj & for sanhita Ss

$\therefore sj = vj \sqrt{\frac{2h}{g}}$ and $Ss = Vs\sqrt{\frac{2h}{g}}$

$\frac{Sj}{Ss} = \frac{Vj}{Vs}$ This gives the required ratio

If the heights aredifferent

$\frac{Sj}{Ss} = \frac{Vj}{Vs}\sqrt{\frac{hs}{hj}}$ wil give the rquired ratio.

...६

(२८)

हा प्रयोग अत्यंत काळजीपूर्वक करायला हवा. टाकाऊ वस्तूतून विज्ञान शिकता येते, याचे हा प्रयोग एक चांगले उदाहरण आहे.

एका मोठ्या तोंडाच्या काचेच्या चंचूपात्रात ३/४ भरेल इतके पाणी घ्या, व ज्याचा तंतू तुटला आहे असा टाकाऊ विजेचा दिवा घेऊन अत्यंत काळजीपूर्वक त्याच्यावरचे धातूचे आवरण काढा. कोणत्याही परिस्थितीत दिवा फुटता कामा नये.

चंचूपात्रातील पाण्याच्या पातळीवर बाहेरुन खुण केल्यावर (अ खूण) हा दिवा त्यात पूर्ण बुडवा, त्यामुळे पातळी वाढेल ती स्थिर झाल्यावर (ब खूण) तिच्यावर बाहेरुन दुसरी खूण करा. म्हणजे या दोन पातळीतील (अ–ब) फरक मिळेल.

आता दिवा बाहेर न काढता त्याच्या वरच्या भागावर भोक पाडा. म्हणजे पाणी दिव्यात शिरेल व पाण्याची पातळी खाली उतरेल. या बदललेल्या पातळीवर खूण करा (क खूण) म्हणजे पातळीतील दुसरा फरक मिळेल.

आता दिव्याचे आकारमान = दिव्याचे क्षेत्रफळ × उंची (पातळीतील पहिला फरक) हे सूत्र आपण दिव्यातील दाब "द" असताना सोडवायचे.

पाणी आत शिरल्यावर दिव्यातील दाब बाहेरच्या वातावरणातील दाबाइतका असणार, म्हणून

दिव्याचे आकारमान = दिव्याचे क्षेत्रफळ × उंची (पातळीतील दुसरा फरक) आता बॉईलच्या नियमाप्रमाणे

दाब × आकारमान हे स्थिर असते.

म्हणून दाब × क्षेत्रफळ × पातळीतील फरक स्थिर राहील

किंवा दाब 'द' × क्षेत्रफळ × पातळीतील फरक (पहिला)

= वातावरणाचा दाब × क्षेत्रफळ × पातळीतील दुसरा फरक

दाब 'द' × (अ–ब) = वातावरणाचा दाब × (ब–क)

वायुभारमापकाने वातावरणाचा दाब मिळतो, पातळीतील खुणांवरून मोजपट्टीने फरक मोजता येतो. यावरून दाब 'द' काढता येईल.

वरील सूत्रे इंग्लीशमध्ये पुढीलप्रमाणे व्यक्त करता येईल.

To find out the pressure P of the gas which occupies the complete volume v_1 of the lamp, we determine the two level differenes h_1 and h_2

Volume = V_1 product of the cross-sectional area A and the increare in the level h_1

$\therefore V_1 = Ah_1$

When The tip is removed the gas pressure becomes equal to atmospheeric presure which ean be read from the Barometer

$\therefore V_2 = Ah_2$

As temperature remains constant, we have from Boyle's law

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$PAh_1 = BAh_2 \qquad B = \text{Barometric pressure}$$

$$\therefore\ P = \frac{Bh_2}{h_1}$$

---

२९)

हे अंतर शोधून काढण्याकरिता पुढील दोन सूत्रांचा प्रयोग करावा लागेल.

(१) चाल = अंतर / काल.

(२) तरंग वेग = कंप्रता × तरंग लांबी (vel = 0 fΛ)

समजा t_1 कालावधी दगड पाण्यात पडल्यापासून, जलतरंग किनाऱ्यापर्यंत पोहोचले यामधील आहे.

आणि t_2 हा कालावधी विशिष्ट (n) जलतरंग किनाऱ्या-पर्यंत पोहोचले त्यासंबंधीचा आहे.

यावरून दगड जर x अंतरावर पडला असेल तर ते अंतर vt_1 इतके होईल. येथे v हा तरंगवेग आहे.

पण तरंगवेग = fΛ असेही सूत्र आहे. येथे f ही तरंगाची कंप्रता $\frac{n}{t_2}$ इतकी होईल.

म्हणून $X = vt_1 = f\Lambda\ \frac{t_1}{t_2}$

वरील सूत्रात n, t_1 आणि t_2 आपण प्रत्यक्ष मोजले आहेत. ते मोजण्याकरिता किनाऱ्यापर्यंत जे तरंग येतात, त्यांच्या

दोन उंचवटयामधील अंतर बऱ्याच वेळा मोजून त्याची सरासरी घ्यायची.

३०

पृथ्वीचे स्वांग भ्रमण प्रयोगशाळेत ओळखण्याकरिता फूकॉल्ट या शास्त्रज्ञाने १८५१ मध्ये एक खास आंदोलक तयार केला. त्यावरून "फूकॉल्टच्या आंदोलकाने ओळखता येणारे पृथ्वीचे स्वांग भ्रमण" सर्वांना माहिती झाले. पॅरीस येथील पॅथीयन येथे फूकॉल्टने ६६ मीटर लांबीची तार छताला अडकवली व खालच्या तारेच्या टोकाला आंदोलक अडकवला. आंदोलकाचे खालच्या बाजूला जमिनीवर एक संदर्भ रेषा काढली. उभ्या पातळीत आंदोलक जेव्हा क्षितिज पातळीशी समांतर आंदोलने घेतो ते सुरवातीला संदर्भ रेषेवरून असतात, पण पृथ्वीच्या भ्रमणामुळे आंदोलन दिशा रेषेभोवती हळूहळू फिरू लागलेली दिसून येते. सर्वात जास्ती लांबीचा असा आंदोलक लेनिनग्राड येथील सेंट आयझॅक कॅथेड्रलमध्ये आहे.

शुक्रमानवाने असा आंदोलक तयार केला तर त्याला शुक्राचे स्वांग भ्रमण होते की नाही हे समजून येईल.

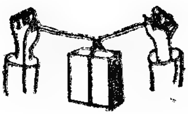
भाग ३ रा

काही चित्रमय विज्ञान कोडी

तुम्हीच करून पाहा ! तुम्हीच उत्तरं शोधा !

१

व्यायाम शाळेत अवजड वजन उचलून भरदार दंड करण्याचा एक व्यायाम असतो. त्याच धर्तीवर हा प्रयोग आधारलेला आहे. तेव्हा आकृतीचे नीट निरीक्षण करा.



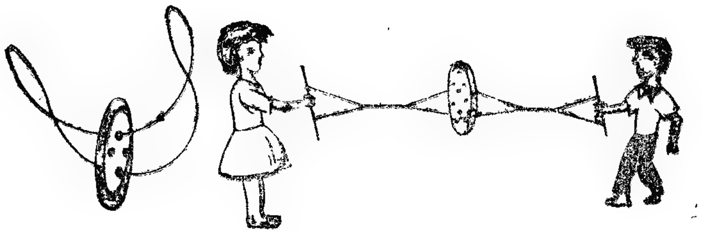
एक जड वजन भक्कम अशा दोरीने बांधून आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे दोन हातात धरा. दोन्ही हात हलवून दोऱ्यामधील कोन बदलता येतो.

असा कोन बदलल्यास तेच वजन वेगवेगळ्या वजनाचे आहे असे का वाटते ?

२

जडत्वाचा नियम तुम्हाला माहीत आहेच. स्थिर पदार्थाला स्थिर राहावेसे वाटते. गतिमान पदार्थाला असलेल्या वेगानेच गतिमान अवस्थेत राहावेसे वाटते. भ्रमणगतीमध्येही असाच जडत्व नियम आहे.

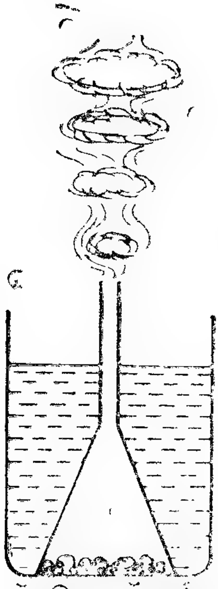
आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक पुठ्ठ्याची गोलाकार चकती घ्या. त्यावर सात भाग करुन ते सप्तरंगी (तानापिहिनिपाजा) करा चकतीला दोन भोके पाडून तिच्यातून एक भक्कम दोरा ओवून



आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे अनघा आणि सूर्यकच्या हातात द्या. विशिष्ट कौशल्याने एकदा ही चकती फिरवली की जडत्वाच्या नियमानुसार ती फिरत राहील व या फिरकीवरील सप्तरंग विलीन होऊन ती पांढरी दिसेल व भ्रमण इतके जोरदार असेल की दोरा स्थितीस्थापक झाल्यासारखा वाटून त्या दोघांना पुढे पुढे मागे व्हावे लागेल !

३

रसायनाची किमया काय असते हे या प्रयोगातून स्पष्ट करता येईल. सामुग्री म्हणजे एक काचेचे चंचूपात्र आणि काचेचे नरसाळे. चंचुपात्रात गरम पाणी ओता, त्यात थोडे कॅल्शियम फॉस्फाइडचे तुकडे टाकून ते लगेच नरसाळ्या खाली झाका. PH_3 हा वायु लगेच पेट घेतो व हवेत आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे धुराची वलये तयार होतात.



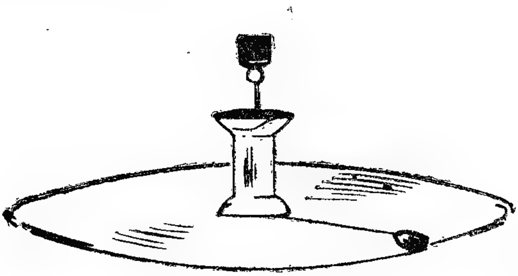
तेव्हा लिहा बरे ही रासायनिक अभिक्रिया आणि त्याचे स्पष्टीकरण.

४

एक ग्रॅम वजन एक किलोग्रॅम वजनाला तोलेल का ?

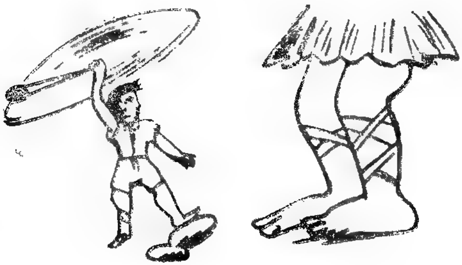
सर्वसाधारणपणे शक्यच नाही असेच उत्तर मिळेल. पण या प्रयोगात तुम्ही असे होते ! हे अनुभवणार आहात !

प्रयोगाचे साहित्य म्हणजे एक लांबट रीळ, चांगली घट्ट भक्कम दोरी, एक जड वजन व एक हलके वजन (जड वजन हलक्या वजनाच्या किमान १० पट असावे) हलके वजन निवडताना ते आपण गोफणीसारखे फिरवणार आहोत, तेव्हा सोयीस्कर आकाराचे निवडावे.



आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे घट्ट दोरा रीळात ओवून

त्याच्या दोन टोकांना दोन वजने पक्की बांधावीत. जड वजन २०–२५ सेंटिमीटर खाली लोंबत ठेवावे आणि रीळ हातात पक्का धरून हलके वजन जोरात फिरवावे. हलक्या वजनाची गोफण जेवढी जोरात फिरवाल तेवढे केंद्रोत्सरी बल जास्त मिळेल, आणि त्याचा परिणाम म्हणजे हलके वजन जड वजनाला ते उचलते आहे असे दिसून येईल.

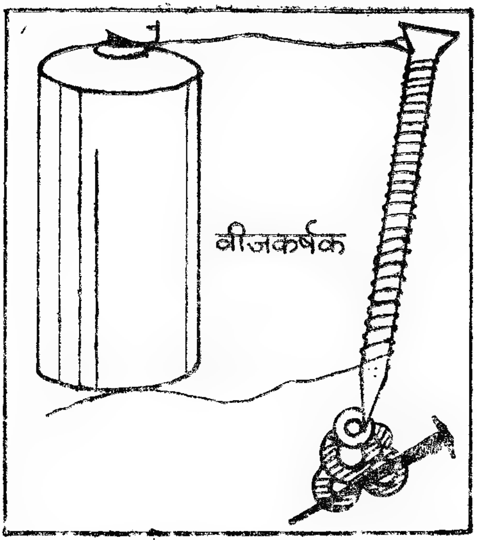


या दुसऱ्या आकृतीकडे बारकाईने पहा. आणि तुम्ही गोफणीतील दगडाने राक्षसाचा कपाळमोक्ष कसा करू शकाल ते समजावून घ्या. हाच प्रश्न वेगळ्या तऱ्हेने विचारायचा असेल तर असे म्हणता येईल की जेव्हा हातातली दोरी गरगर फिरत होती तेव्हा आपोआप जड वजन का उचलले गेले ? किंवा वर्तुळाकार गतीतील पदार्थावरील बल बाह्यवर्ती का असते !

५

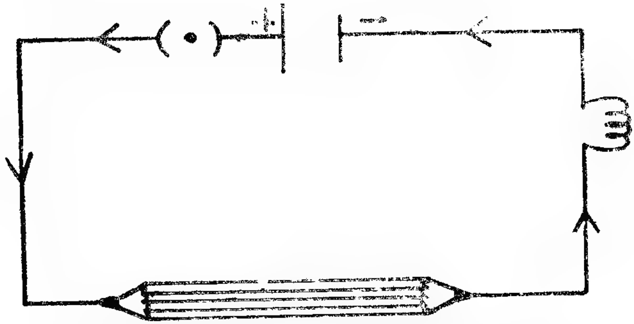
आकृतीत एका खिळ्याभोवती एनॅमलचे वेष्टन असलेली तांब्याची तार गुंडाळली आहे. या तारेच्या दोन टोकावरील एनॅमलचे वेष्टन काढून ती दोन टोके विजेरीला जोडली आहेत.

तर अशा वीजमंडळाचा परिणाम कोणता होईल ? हा परिणाम कोणी शोधून काढला ? व हा परिणाम प्रभावी होण्याकरिता कोणत्या प्रकारच्या वीज धारेची आवश्यकता असते ?



सोबतच्या वीजमंडळाचा बारकाईने अभ्यास करा. या वीजमंडळात घटक कोणते आहेत ? पेन्सिल वीजमंडळात कशाला घातली आहे !

(६)

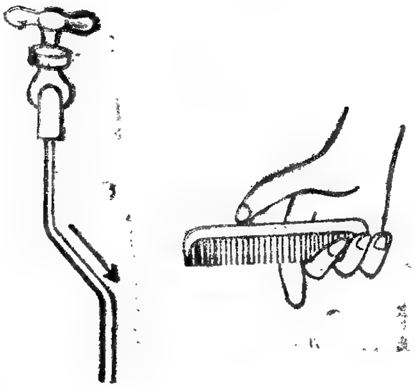


ग्राफाईट हा एकच अधातूचा संवाहक आहे.

गायन हे संगीतातील प्रमुख अंग आहे, गायन, वादन आणि नृत्य या तिन्ही कलांच्या समूहाला संगीत असे म्हणतात. गायनात स्वराला फार महत्व आहे हे स्वर म्हणजे सा, रे, ग, म, प, ध. नि. स्वर हे नादापासून निर्माण होतात. ऐकायला मधुर आणि संगीतोपयोगी ध्वनि म्हणजे नाद. या नादांच्या कमी जास्ती उंची मुळे (कंप्रतेमुळे, फ्रिक्वेन्सीमुळे) स्वर निर्माण होतात. असे अनेक स्वर असू शकतात. पण त्यातील जाणत्या कानाला स्पष्ट-पणे वेगवेगळे ऐकू येऊ शकतात, त्यांना सा (षडज) (रे रिषभ) ग (गांधार), म (मध्यम), प (पंचम), ध (धैवत), नि (निषाद अशी नावे दिली आहे. 'सा' पेक्षा उंच (जास्ती कंप्रता) असलेला स्वर 'रे', रे पेक्षा उंच असणारा स्वर 'ग' अशा रीतीने हे सात स्वर अनुक्रमाने आपल्या मागील स्वरापेक्षा उंच उंच (जास्ती कंप्रतेचे) होत जातात.

(७)

या सात स्वरांच्या समुदायाला सप्तक असे म्हणतात. आपण जेव्हा सहजपणे सारेगमपधनि म्हणू लागलो तर त्या सप्तकाला " मध्यसप्तक " म्हणतात. या मध्यसप्तकातील 'सा' च्या खाली म्हणता येणाऱ्या 'नि ते सा' म्हणजे कमी कंप्रतेच्या सप्तकाला मंद सप्तक आणि मध्यसप्तकातील निच्या पुढील 'सा' पासून 'नि' पर्यंत येणाऱ्या जास्ती कंप्रतेच्या सप्तकाला "तार सप्तक" असे म्हणतात. गायक मंदसप्तकाला पांढरी दोन मध्ये गाणे व तार सप्तकाला काळी दोन मध्ये गाणे असे संबोधत असतात. लता मंगेशकर ही तार सप्तकांत गाऊ शकते हे तुम्ही ऐकले असेलच. तेव्हा गायनांत या तीन सप्तकाचा वापर सोयी-प्रमाणे करीत असतात.



(८)

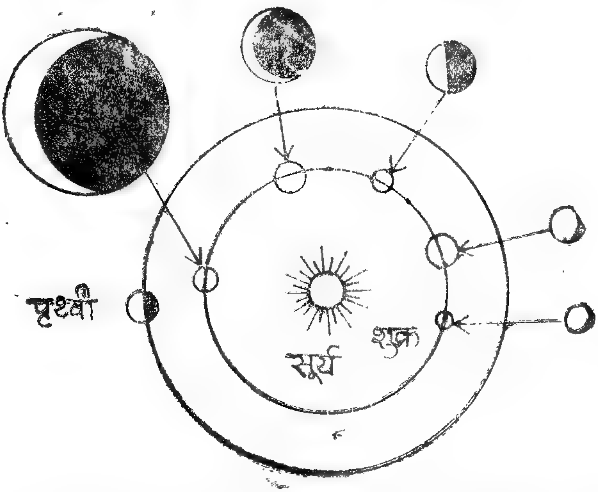
सोबतच्या दोन आकृत्यामध्ये शास्त्रीयतत्व दडलेले आहे हे तुम्हाला ओळखायचे आहे. त्याकरीता सूचक द्यायचे झाले तर

स्थिर विद्युतचे द्यावे लागेल. ओळखा बरं आता या चित्रातील दडलेले विज्ञान तत्व !

(९)

बुध आणि शुक्र हे दोन ग्रह पृथ्वीच्या कक्षेमध्ये आहेत म्हणून त्यांना अंतर्ग्रह असे म्हणतात. त्यामुळे ते चंद्रासारख्या कला दाखवितात. हे ग्रह सूर्योदयापूर्वी पूर्वक्षितिजाजवळ किंवा सूर्यास्तानंतर पश्चिम क्षितिजाकडे आढळतात ते सूर्याभोवती फेरी घालीत असताना अशी दुतर्फा आंदोलनें घेत असतात.

बुध सूर्याच्या नजिक असल्याने त्याच्या प्रकाशात बुधाच्या कला लोप पावतात, मात्र शुक्राच्या कला दिसू शकतात.



या शुक्रकलांचे एक विशेष लक्षण म्हणजे वेगवेगळ्या दशेत त्यांचा व्यास पूर्ण बिंबाच्या व्यासापेक्षा पुष्कळ मोठा असतो.

याचें कारण म्हणजे निरनिराळ्या कलांच्या वेळी शुक्र आपल्यापासून निरनिराळ्या अंतरावर असतो.

शुक्र सर्वात तेजस्वी दिसतो तो त्याचे बिंब पूर्ण असताना नव्हे किंवा त्याचा व्यास महत्तम असतानाहि नव्हे तर त्याच्या दरम्यानच्या एका स्थितीत. पूर्ण बिंबाचे दर्शन घडते ते १०" विकलांचा कोन दृष्टीशी करून महत्तम कोर दिसते ती ६४" विकलांचा कोन करुन, उलट शुक्र अमावास्येच्या ३० दिवसानंतर त्याचा कोनीय व्यास ४०" विकला असताना आणि शुक्र कोरीची कोनीय रुंदी १०" विकला असताना शुक्र सर्वांत तेजस्वी दिसतो. त्यावेळी आकाशातील पहिल्या प्रतीच्या ताऱ्यातील पहिल्या क्रमांकाच्या व्याध ताऱ्याच्या तो १३ पट तेजाने तळपत असतो.

(१०)

पृष्टताण (सरफेस टेन्शन) हा द्रवपदार्थाचा खास गुणधर्म आहे. स्थायुचे पृष्ठ त्यांना आकार असल्यामुळे बदलू शकत नाहीत. वायूना पृष्ठच नसते. ते मुक्तपणे संचार करू शकतात. मात्र द्रवाना पृष्ठ असल्यामुळे ते पृष्ठताण हा गुणधर्म दाखवू शकतात. या पृष्ठताणामुळेच द्रव बारीक नळीत-केषाकर्षण दाखवू शकतात.

समजा साबणाच्या पाण्याचा पृष्ठताण हा शुध्द पाण्याच्या पृष्ठताणापेक्षा कमी आहे हे तुम्ही कोणतेही साधन न वापरता कसे दाखवू शकाल !

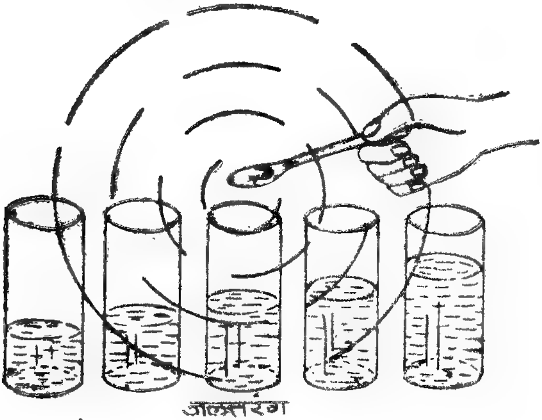
अगदी सोपे आहे. साबणाचे फेसाचे कण जर शुद्ध पाण्यात टाकले तर ते एकमेकापासून लगेच दूर जाताना दिसतील. कारण

पृष्ठताण बल कमी झाले.

करा बरं जरा खोलात या प्रश्नांची मीमांसा !

११

ध्वनिर्मिती कशी होते ? शाळेतील घंटेचा टोल दिल्यावर तिला स्पर्श करून बघा ती कंप पावत असते. कंपायमान पदार्थच ध्वनी निर्माण करू शकतो.

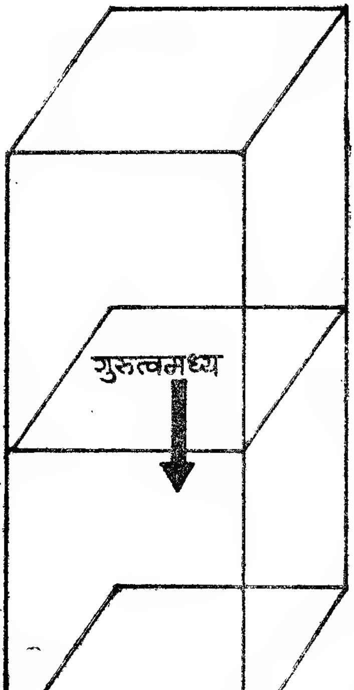


जलतरंग

एखादी सोड्याची बाटली घ्या. तिच्यात थोडे पाणी घाला व ती फुंकायचा प्रयत्न करा. विशिष्ट नाद निर्माण होईल. जसं जसं पाणी वाढवाल तसतसा नादाची (कंप्रता) उंची वाढताना दिसेल. असा वेगवेगळ्या उंचीचा (कंप्रतेचा.) नाद का निर्माण होतो तर त्या बाटलीत कोंड लेली हवा कंपायमान होत असते व पाणी वाढले की हवेचे आकारमान कमी होते.

हेच तत्त्व जलतरंगाचे आहे. आता करा बरे जास्ती स्पष्टीकरण ...

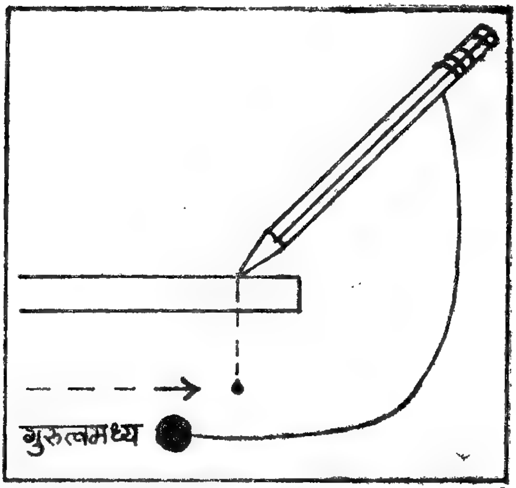
१२



गुरुत्वमध्याचा प्रभाव

एक फुटपट्टी घ्या ती जमिनीवर आडवी ठेवली तर स्थिर राहते. हीच पट्टी पाटावर ठेवली तरीही स्थिर राहते. आता ती एका बाजूला हळूहळू ढकलीत जा. आणि ज्या बिंदूला ती पोहोचल्यावर कलंडते त्यावर खूण करा. या पट्टीच्या बिंदूवर एका बोटावर किंवा सुईवर सुद्धा ती आधार देऊन धरली तरी स्थिर राहते. यावरून असे अनुमान काढता येते की या पट्टीचे सर्व वजन जणू काय या बिंदूत साठविलेले आहे. हा बिंदू म्हणजे पट्टीचा गुरुत्व-मध्य होय.

गुरुत्वमध्य आणि संतुलन यांचा निकटचा संबंध आहे. आपण आपल्या पायावर उभे असताना काही कारणाने झोक



गेला तर आपल्या गुरुत्वमध्यातून जाणारी लंबरेषा पावलांच्या रेषेबाहेर पडते, म्हणून सहज आपले पाऊल जिकडे झोक गेला असेल तिकडे टाकतो. अशा रीतीने आपली पाऊलरेषा लांबते. गुरुत्वामध्यातून पडणारी लंबरेषा मध्यावर पडते व आपण आपला झोक सावरतो. आधाररेषा पायाने पुरेशी वाढण्यासारखी नसल्यास आपण हाताचे साहाय्य घेऊन झोक सावरतो.

तेव्हा वरील तीनही आकृतीत या विज्ञानतत्वाचा उपयोग करून कसे स्पष्टीकरण कराल बरं !

१३

पोपटाचा पिंजरा तराजूच्या एका पारड्यात व दुसऱ्या पारड्यात प्रमाणित वस्तुमान घालून पिंजरा तोलला. त्यावेळी पोपट पिंजऱ्याच्या बैठकीवर पेरू खात होता. थोड्या वेळाने पोपट पिंजऱ्यात उडू लागला तर तराजुचे संतुलन बदलेल का ?



याचे उत्तर असे की तोल समतोल ढळणार नाही. कारण क्रिया प्रतिक्रिया यांच्यात बदल होत नाही. आता करा बरं ज स्ती विवरण या दोन क्रियासंबंधीचे. त्याचप्रमाणे तुमचे वजन म्हणजे काय यावरही दोन तऱ्हेचे जास्त चिकित्सा करा.

(१४) तुम्ही विजेच्या स्थिर पाळण्यात उभे आहात, ही स्थिती भौतिक शास्त्राच्या भाषेत कशी सांगता येईल बरं ! तुमचे वजन (mg) पाळण्यावर खालच्या दिशेने व पाळण्याच्या बैठकीची प्रतिक्रिया (R=mg) उर्ध्व दिशेने क्रियाशिल असल्याने स्थिरता आढळते.

आता समजा पाळणा वरच्या मजल्यावर जाऊ लागला तर स्थितीत काय बदल होईल ते तुम्हाला शोधायचे आहे. त्याकरिता पुढील सूचक विधानाच्या साहाय्याने स्पष्टीकरण शोधा. पाळणा वर जाऊ लागला म्हणजे त्याला विशिष्ट त्वरण प्राप्त होणार. जेथें

त्वरण तेथे बल, म्हणून वरील बलात फरक पडणार. वजनात (mg) काहीच पडणार नाही. मात्र प्रतिक्रिया (mg+ma) अशी होणार, कारण प्रतिक्रियेला नुसतेच वजन तोलायचे नाही तर त्वरणयुक्त बलही सांभाळायचे आहे.

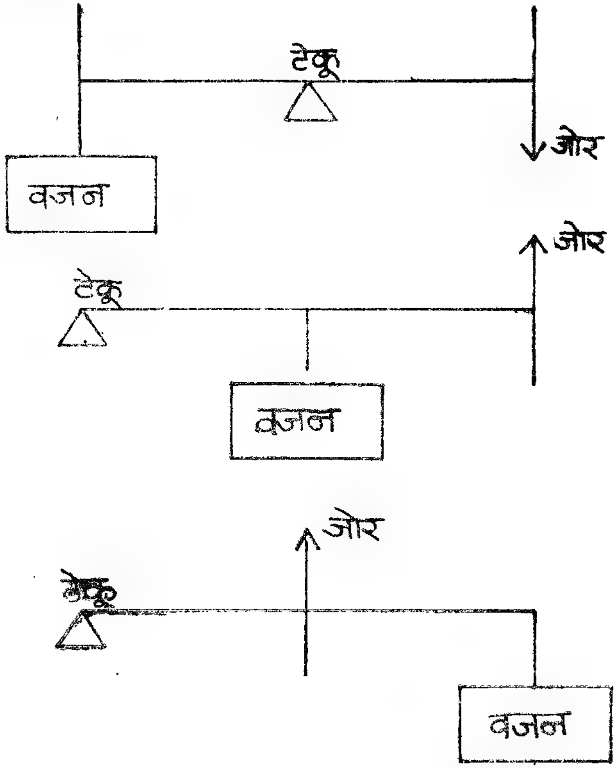
आता समजा पाळणा खालच्या मजल्यावर जाऊ लागला तर काय बदल होईल.

याकरता सूचक विधान म्हणजे पाळणा गुरुत्वाकर्षणाने येत असेल तर ते 'मुक्तपतन' होय. मुक्तपतनात पदार्थाला वजन रहित अवस्था प्राप्त होते. तसेच पाळणा ज्या विशिष्ट त्वरणाने (ते गुरुत्वत्वरणापेक्षा कमी आहे का जास्त आहे) खाली येते आहे हेही लक्षात घ्यावे लागेल ?

१५

मजूर फरशीच्या फटीत पहारीचे टोक खुपसतो. पहारी-खाली लहानसा दगड ठेवून पहारीचे हाताखालील टोक खाली, दगडावर दाबतो. त्याबरोबर फरशी निखळून वर उचलली जाते. ही पहार म्हणजे तरफ, पहारीखालील दगड हा टेकू व तुम्ही पहारीचे टोक खाली दाबले तो तुमचा जोर. जे वजन उचलायचे ते टेकूपासून पुष्कळ जवळ (वजन भुजा लहान) आणि ज्या ठिकाणी जोर लावायचा ते टोक टेकूपासून दूर (जोर भुजा मोठी) असले म्हणजे कमी बलाने मोठे वजन

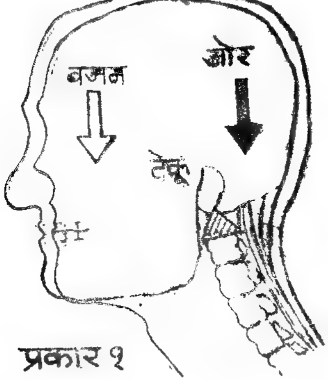
उचलले जाते तरफयंत्रापासून मिळणारा यांत्रिक फायदा तो हाच आहे.

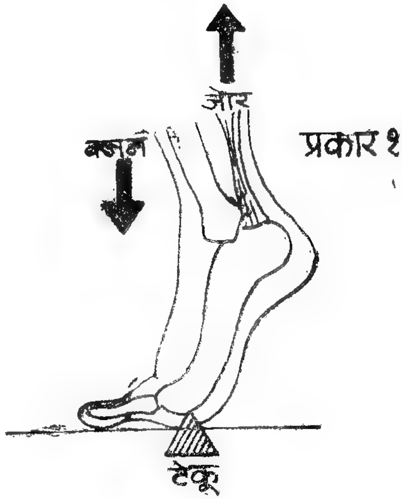


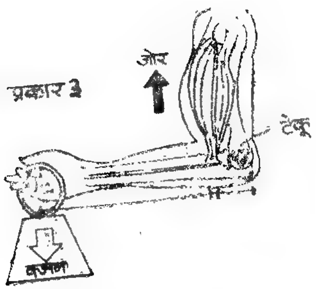
आकृतीत तीन प्रकारच्या तरफा दाखविल्या आहेत. हे तीन प्रकार टेकूच्या बदलत्या स्थितीमुळे निर्माण होतात.

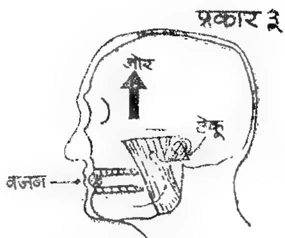
आपले शरीर हे एक यंत्रच आहे. तरफांचा कोणता प्रकार शरीराच्या विविध भागात आहे हे चित्रात दाखविले आहे.

तुम्हाला तो शरीराचा भाग ओळखायचा आहे व तरफ यंत्राच्या भाषेत त्याचे स्पष्टीकरण करायचें आहे.



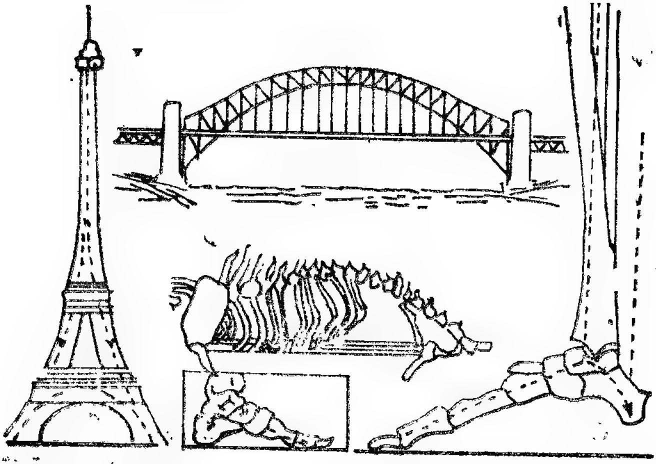






तसेच प्राण्याच्या शरीरात आधारासाठी अस्थिसंस्था असते. हाडांचा सांध्याजवळ तरफाप्रमाणे उपयोग आपण पान ६५ व ६६ वर अभ्यासला आहेच.

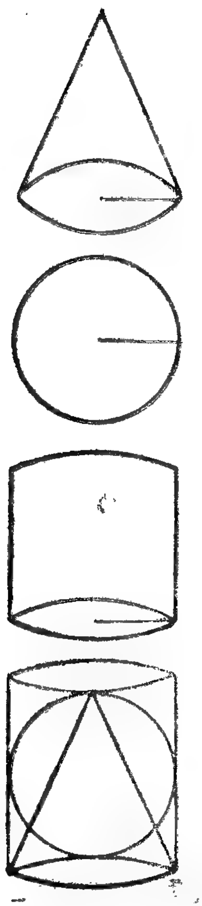
आहेच. आता या तिसऱ्या आकृतीत हाडे आणि स्नायू यांचा बारकाईने अभ्यास केल्यास अभियांत्रिकी (इंजिनिअरींग) मध्ये



वापरलेली काही तत्वे प्राणीशरीरात आधीच वापरात असलेली दिसतात. आकृतीचा अभ्यास करून ही साम्यस्थळे शोधा.

(१६)

श्रीनिवास रामानुजम या प्रसिद्ध भारतीय गणितज्ञाची जन्मशताब्दी आपण नुकतीच साजरी केली. रामानुजम इंग्लंड मध्ये असताना त्यांना भेटायला ब्रिटिश गणितज्ञ हार्डी गेले होते. रामानुजम त्यांच्या स्वागताला खाली आले. तेव्हा त्यांचे लक्ष हार्डीच्या मोटारीवरील क्रमांकाकडे गेले. ते पाहून हार्डी उद्‌गारले ' अगदीच शुष्क अंक आहे तो ! ' पण रामानुजम ' म्हणाले नाही ! फारच उद्‌बोधक संख्या आहे ही ! ' दोन संख्यांच्या घनाची ती बेरीज आहे ! ओळखता येईल का ती तुम्हाला.



$१२^3 + १^3 = १७२८ + १$ किंवा
$१०^3 + {}^3९ = १००० \times ७२९$

ओळखा बरं कोणता शुष्क अंक होता हार्डीच्या मताने !

(१७)

पहिल्या तीन आकृत्या शंकु, गोलक आणि दंडगोल यांच्या आहेत. या तीनही आकृत्यातील वर्तुळांची त्रिज्या एकच आहे. या तीनही आकृत्यांचे एकत्रीकरण चवथ्या आकृतीत दाखविले आहे.

'जर त्रिज्या समान असतील तर तिघांचे आकारमानही १:२.३ या प्रमाणात असते, हा आर्किमिडजचा शोध आहे. आर्किमिडिज या आपल्या शोधावर बेहद्द खूष होता म्हणून आर्किमिडिजच्या समाधीवर या आकृत्या कोरल्या आहेत.

(१८)

सोबतच्या आकृतीमध्ये फॅशनेबल बाईच्या पायातील उंच टाचेचा बुट आणि हत्तीचा पाय दाखविला आहे. क्षेत्रफळाचे

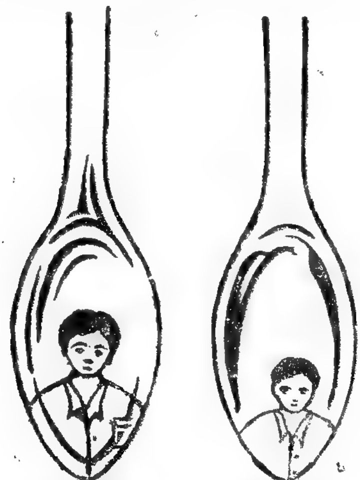
योग्य मूल्य गृहीत धरा आणि कोण जमिनीवर जास्ती दाब टाकते ते शोधून काढा.



टाचेचे क्षेत्रफळ हतीच्या पायाचे क्षेत्रफळ

(१९)

आकृतीत सोबतच्या स्टेनलेस स्टिलच्या चकचकीत चमच्याच्या दोन पृष्ठभागांवर तुमचा चेहरा बघितला तर तुम्ही

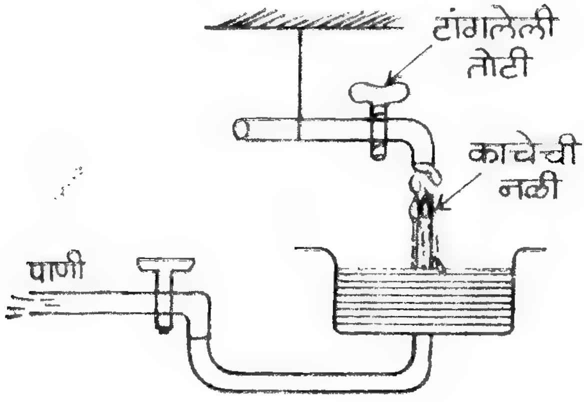


अंतर्वक्र बहिर्वक्र

लठ्ठ तरी होता किंवा सडपातळ होता. असे का ? हे तुम्हाला शोधायचे आहे !

(२०)

बऱ्याच वेळा उत्सवातील आराशीत किंवा विज्ञान प्रदर्शनात स्वयंचलितस साधने, यांत्रिक करामती करून चमत्कृतीपूर्ण देखावे



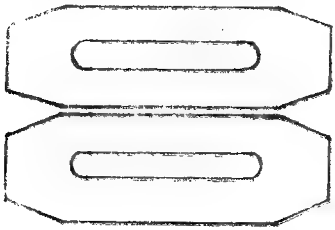
दाखविले जातात. अशा देखाव्यांत आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे नळाला न जोडलेल्या, लोंबत्या तोटीतून पाणी पडताना दिसते.

देखावा समजून सांगणारा विद्यार्थी तोटी बंद करून दाखवतो पण पाणी बंद होत नाही. पण त्याला पाण्याची धार कापून दाखव बरं असे सांगितले तर मात्र त्याला तो तयार नसतो.

कारण तोटीत पक्की बसेल अशी जरा लहान व्यासाची एक स्वच्छ पारदर्शक काचेच्या नळीवरून पाणी सांडत असते. तेंव्हा बघा बरं करून हा देखावा.

(२१)

प्रकाश एकाच माध्यमात संचार करताना सरळ रेषेत जातो असे आपण शिकतो, पण तें सर्वस्वी खरं नाही. तर प्रकाश



अपारदर्शक पदार्थाच्या कडेजवळून जाताना, टोकाजवळून जाताना वळतो. या प्रकाशीय परिणामाला विवर्तन (डिफराक्शन) असे म्हणतात.

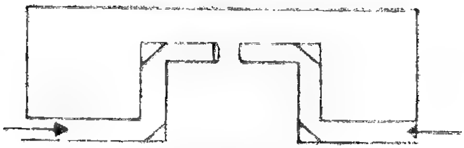
एक पातळ स्वच्छ पारदर्शक काच घेऊन त्यावर दोन ब्लेडचीपाती अगदी जवळ जवळ (चिकटवून नव्हे) बारीक चीर राहील अशी पारदर्शक चिकटपट्टीने चिकटवा.

डोळ्यासमोर अशी काच धरून विजेच्या दिव्याकडे पहा दिव्याची प्रकाशीत तार स्पष्ट दिसायला हवी. पण तसे दिसत नाही. प्रकाशीत तंतूऐवजी रंगीत पट्टे दिसू लागतील. या पट्ट्या-

मध्ये मध्यापासून बाहेर जाताना निळा रंग आतल्या बाजूला व तांबडा रंग बाहेरील बाजूला असा क्रम दिसेल. कारण शुभ्र प्रकाश सप्तरंगाचा (तानापिहिनिपाजा) बनलेला आहे. तसेच निळ्या रंगाचे प्रकाश तरंग तांबड्या रंगापेक्षा आस्ती विखुरले जातात. यालाच प्रकाशाचा विवर्तन परिणाम असे म्हणतात.

(२२)

पाणबुडीतून–समुद्राच्या खालून समुद्रावर असलेल्या एखाद्या जहाजाची प्रतिमा पाहावायची असेल तर परिदर्शक हे साधन

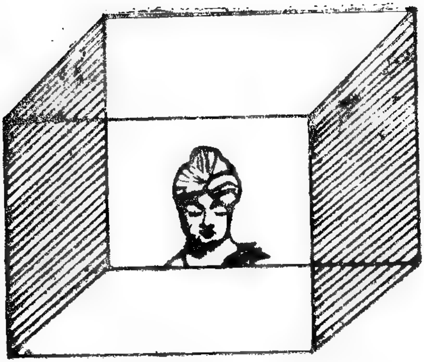


दोन परिदर्शक

वापरतात. पाणबुडीतील परिदर्शकामध्ये संपूर्ण आंतरिक परावर्तन करणारे त्रिधारी लोलक (प्रिझम) वापरतात. त्यामुळे प्रतिमा स्पष्ट दिसते.

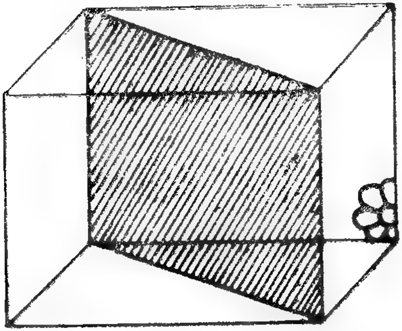
प्रयोगशाळेतील परिदर्शकात दोन सपाट आरसे वापरतात आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे असे दोन परिदर्शक करून ते एका कार्डबोर्डच्या खोक्यांत ठेवावेत म्हणजे समोरासमोरच्या बाजूवर दोन खिडक्या तयार होतील. या खिडक्यातून डोळ्यांनी पाहाता आले पाहिजे. नंतर एका खिडकीत दिवा ठेवा व दुसऱ्या खिडकी-तून बघा अपारदर्शक खोक्यातून दिवा स्पष्ट दिसेल.

आणखी जास्ती किमया दाखवायची असेल तर मधल्या भागात एक आडवी फळी ठेवावी व त्यातून प्रकाश जातो अशी मित्रांची फसवणूक करावी.



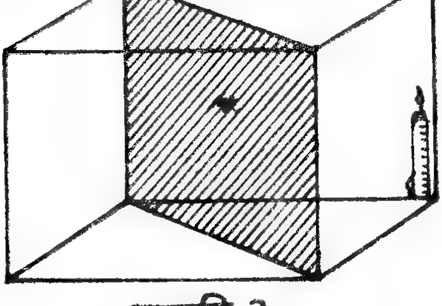
आकृति १

आकृती– १ मध्ये एका खोक्यांत दोन सपाट आरसे समांतर ठेवलेले आहेत व मध्यभागी स्वामी विवेकानंदाची प्रतिमा आहे. कोणत्या बाजूने, कसे तुम्ही बघाल म्हणजे स्वामींच्या अनेक प्रतिमा दिसतील.



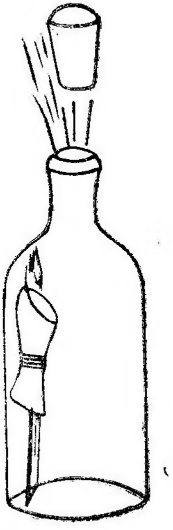
आकृति २

आकृती – २ मध्ये एका पुठचाच्या खोक्यात कर्णदिशेने पारदर्शक काच ठेवलेली आहे. एका कोपऱ्यांत रंगीबेरंगी फुले आहेत. तुम्ही कोठे दिवा ठेवाल आणि कोठून पहाल की तुम्हाला गंमतीदार दृश्य दिसेल.



आकृति ३

आकृती – ३ मध्ये पुठ्चाच्या खोक्यात कर्ण दिशेने दोन सपाट आरसे पाठीला पाठ लावून ठेवले आहेत एक मेणबत्ती ठेवली आहे. तर यावरून एखादा उदबोधक प्रयोग कसा कराल ?



(२४)

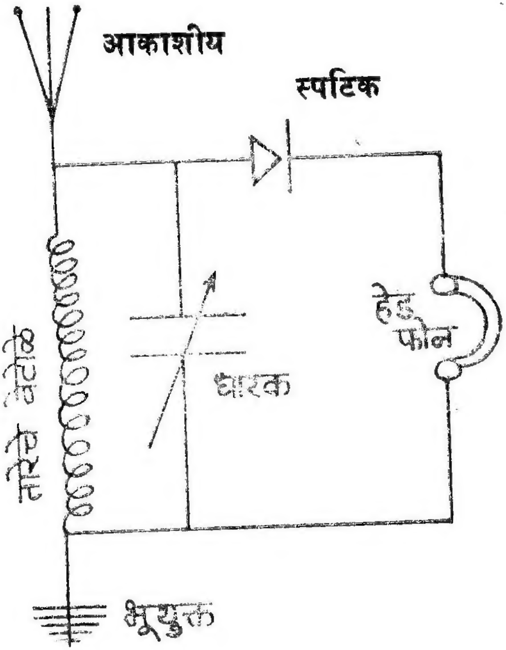
आकृतीचे बारकाईने निरीक्षण करा. एक बाटली तिचे बूच उडाले आहे. बाटलीत रसायन आहे व दुसऱ्या एका छोट्या बाटलीतील रसायन त्यावर पडल्यावर जी अभिक्रिया झाली त्याचा हा परिणाम आहे.

ओळखा वर कोणत्या रसायनांचा एकत्रीकरणाने हा प्रकार घडला तो.

(२५)

आपण आकाशवाणीच्या विविध केंद्राचे कार्यक्रम ज्या साधनाद्वारे ऐकतो त्याला म्हणतात रेडिओ रिसीव्हर, सोयी-करिता त्याला रेडिओ म्हणण्याचा प्रघात आहे. मुम्बई, पुणे, सांगली अशा महाराष्ट्रातील बऱ्याच ठिकाणी आता आकाश-वाणीची केंद्र आहेत. ज्या ठिकाणी असे केंद्र असेल तेथे तुम्हाला वीजेशिवाय चालणारा स्फटिक रेडिओ बनविता येईल. दहा

किलोमिटरच्या परिसरात हौशी विद्यार्थ्यांना या संधीचा फायदा घेता येईल.



प्रथम जेव्हा असा स्फटिक संच तयार केला गेला तेव्हा गॅलेना स्फटिक वापरला होता. आता अर्धवाहक डायोड उपलब्ध झाले आहे त्यातील कार्बोरेंडमचा ओ. ए. 70 किंवा ओ. ए. 71 किंवा ओ. ए. 79 वापरला तरी चालतो.

हा अर्धवाहक डायोड वीजमंडळात एकेरी वाहक म्हणून वापरतात. तीन सेंटीमिटर व्यासाचे व 10 सेंटिमिटर लांबीच्या पुठ्याच्या

नळकाडयावर 36 गेजची एनॅमलचा थर असलेल्या तांब्याच्या तारेचे 100 ते 150 वेढे दिलेले तारेचे वेटोळे तयार करून, तिच्या दोन टोकाला आकाशीयला जोडणारी तार आणि भूसंपर्क करणारी तार जोडावी.

कोणत्याही ऊर्जेचा पुरवठा न करिता हा रेडिओ संच कसा चालतो ? जर आकाशवाणीचे प्रक्षेपण केन्द्र ५–१० किलोमिटर-मध्ये असेल तर रेडिओचे वाहक तरंग क्षीण होत नाहीत. तसेच आकाशीय २५–३० मीटर लांब आणि भूयुक्त तार पूर्णपणे जमिनीत पुरलेली असेल तर अर्धवाहक सर्व भूमिका व्यवस्थित बजावू शकतो.

– स मा प्त –